

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-309055

(43)Date of publication of application : 31.10.2003

(51)Int.Cl.

H01L 21/027  
G03F 9/00

(21)Application number : 2002-111394

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 12.04.2002

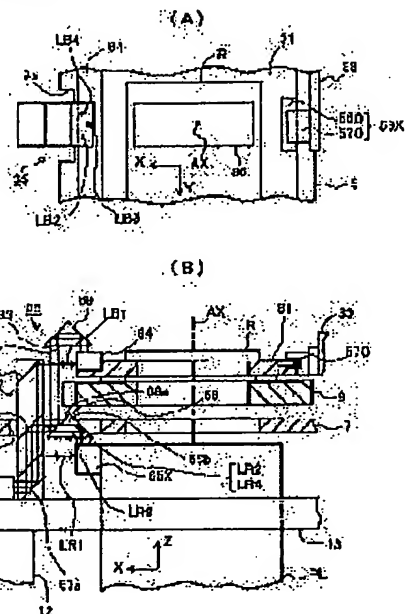
(72)Inventor : NISHI TAKECHIKA

## (54) EXPOSURE METHOD, ALIGNER, AND DEVICE PRODUCTION METHOD

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To offer an exposure technology which prevents vibration transfer between a stage holding a mask and a projection optical system, and can control the positional relations between the mask and projection optical system.

SOLUTION: A micromotion stage 31 which holds a reticle R and moves, and a projection optical system PL are independently supported with different active vibration isolation stands. A reticle X-Z axis interferometer 35 measures the amount of change in the space between the top face of a moving mirror 64 secured on the micromotion stage 31 and the top face of a reference mirror 65X secured on the side of the projection optical system PL at three points, and determines the amount of change from these measurement results in the space between the micromotion stage 31 (reticle R) and the projection optical system PL as well as the rotation inclination angle of two axes of the micromotion stage 31. Based on these results, the height and inclination angle of the micromotion stage 31 are controlled.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.04.2005

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the exposure approach which illuminates the 1st body with an exposure beam and exposes the 2nd body through said 1st body and a projection system independently of said projection system, support the stage holding said 1st body, and the physical relationship of said stage and said projection system is measured. The exposure approach characterized by controlling at least one of spacing of said stage and said projection system, and the tilt angles during exposure of said 2nd body based on this measurement information.

[Claim 2] The exposure approach according to claim 1, characterized by measuring the biaxial surrounding tilt angle with which it intersects perpendicularly within a flat surface perpendicular to the location and this optical axis of the direction of an optical axis of said projection system to said projection system of said stage in case the physical relationship of said stage and said projection system is measured.

[Claim 3] The exposure approach according to claim 1 or 2 characterized by controlling fluctuation of the physical relationship by the unbalanced load accompanying migration of said stage in case at least one of spacing of said stage and said projection system and the tilt angles is controlled, while scanning said 1st body and said 2nd body synchronously to said projection system, in case said 2nd body is exposed.

[Claim 4] In the aligner which illuminates the 1st body with an exposure beam and exposes the 2nd body through said 1st body and a projection system. The stage holding said 1st body, and the vibrationproofing device of an active mold in which said projection system supports this stage independently. The aligner characterized by having the metering device which measures the physical relationship of said stage and said projection system, and the control system which controls at least one of spacing of said stage and said projection system, and the tilt angles through said vibrationproofing device based on the measurement information on this metering device during exposure of said 2nd body.

[Claim 5] While interlocking said stage to the coarse adjustment stage driven in the predetermined direction to said projection system, and this coarse adjustment stage. The jogging device in which the relative position of said stage to said coarse adjustment stage is adjusted. The aligner according to claim 4 characterized by scanning said 1st body and said 2nd body synchronously to said projection system in case it has a balance member for offsetting the reaction force at the time of driving said coarse adjustment stage and said 2nd body is exposed.

[Claim 6] Said coarse adjustment stage is an aligner according to claim 5 characterized by being supported independently of said stage and said projection system.

[Claim 7] Said control system is an aligner according to claim 5 or 6 characterized by controlling fluctuation of the physical relationship by the unbalanced load accompanying migration of said stage in case at least one of spacing of said stage and said projection system and the tilt angles is controlled through said vibrationproofing device.

[Claim 8] Said metering device is an aligner given in any 1 term of claims 4-7 characterized by to have the interferometer for spacing measurement which measures spacing of the direction of an optical axis of said projection system of the migration mirror in which the location of a direction perpendicular to the scanning direction of said 1st body held on said stage is shown, the reference mirror formed in said projection system, and said migration mirror and said reference mirror with one or more measurement shafts.

[Claim 9] The interferometer for spacing measurement of said metering device is an aligner according to

claim 8 which has at least three measurement shafts and is characterized by asking for the biaxial surrounding tilt angle with which it intersects perpendicularly within a flat surface perpendicular to the location and this optical axis of the direction of an optical axis of said projection system to said projection system of said stage based on the measurement information on said interferometer.

[Claim 10] The aligner according to claim 8 or 9 characterized by a part of optical system of the interferometer for said spacing measurement being supported by the supporter material which supports said projection system.

[Claim 11] In the aligner which illuminates the 1st body with an exposure beam and exposes the 2nd body through said 1st body and a projection system The 1st stage holding said 1st body, the 2nd stage holding said 2nd body, and in order to displace relatively said 1st and 2nd bodies to said exposure beam, respectively and to carry out scan exposure of said 2nd body with said exposure beam The driving gear which synchronizes and drives said 1st and 2nd stages, and the 1st and 2nd datum planes which extend along the predetermined direction where said 1st body is moved at the time of said scan exposure are formed in said 1st stage. While measuring the positional information of said 1st stage about said predetermined direction and the direction which intersects perpendicularly using said 1st datum plane The metering device which measures the physical relationship of said 1st stage about the direction of an optical axis of said projection system, and said projection system using said 2nd datum plane, The aligner characterized by having the adjusting device which adjusts the physical relationship of the image surface of said projection system, and said 2nd body during said scan exposure based on the measurement information on said metering device.

[Claim 12] It is the aligner according to claim 11 which said metering device has the interferometer systems which irradiate the beam for measurement, respectively in said 1st and 2nd datum planes, and is characterized by said interferometer systems measuring the physical relationship of said 1st stage and said projection system with two or more measurement shafts, respectively.

[Claim 13] Said interferometer systems are aligners according to claim 12 characterized by asking for the biaxial surroundings tilt angle which has at least three measurement shafts and intersects perpendicularly based on the measurement information on said interferometer systems in a flat surface perpendicular to the relative position of the direction of an optical axis of said 1st stage and said projection system, and the optical axis of said projection system.

[Claim 14] Said interferometer systems are aligners according to claim 12 or 13 characterized by preparing the optical system along which the beam for measurement irradiated by said 2nd datum plane at least passes in the supporter material which supports said projection system.

[Claim 15] For said coarse adjustment stage and said jogging stage, said 1st stage is an aligner given in any 1 term of claims 11-14 characterized by being supported mutually-independent including the coarse adjustment stage driven in said predetermined direction, and the jogging stage which said 1st body is laid and is displaced relatively to said coarse adjustment stage.

[Claim 16] Said coarse adjustment stage is an aligner according to claim 15 characterized by being supported independently of said projection system so that the propagation of vibration to said projection system may be prevented.

[Claim 17] Said adjusting device is an aligner given in any 1 term of claims 11-16 characterized by controlling the physical relationship of said jogging stage and said projection system through said vibrationproofing device based on said measurement information during said scan exposure including the vibrationproofing device of the active mold which supports said jogging stage.

[Claim 18] The device manufacture approach including the process which imprints a device pattern on a work piece using the aligner of a publication in any 1 term of claims 4-17.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the exposure approach and equipment which are used in case a mask pattern is imprinted on a substrate at the lithography process for manufacturing devices, such as a semiconductor device, a liquid crystal display component, a plasma display component, or the thin film magnetic head.

[0002]

[Description of the Prior Art] The high throughput is demanded of the aligner of a contraction projection mold with a high exposure precision with the one-shot exposure mold (stepper mold) used in case a semiconductor device etc. is manufactured, or scan exposure molds (step -, - scanning method, etc.). Therefore, in the aligner, the device in which respectively highly precise positioning and high-speed migration can be performed is adopted as the reticle stage system which holds the reticle as a mask and performs positioning or a scan, and the wafer stage system which holds the wafer as a substrate and carries out two-dimensional migration. For example, in the aligner of a scan exposure mold, in order to mitigate the effect of the vibration accompanying migration of the moving part of a stage system, the drive of the counterbalance method which moves a fixed part to hard flow so that the reaction force at the time of the moving part moving may be offset, the drive of the method which misses the reaction force at the time of the moving part moving to the floor in which the aligner is installed, etc. are developed.

[0003] Thus, even if it uses the drive of a counterbalance method or the method which misses reaction force to the floor, there is a possibility that reaction force may remain slightly. Moreover, a possibility of attaining to the body of an aligner also has the influence of vibration from the air conditioner currently installed in other manufacturing installations currently installed in the same story, for example within the semi-conductor plant, or downstairs machine room. Then, while attenuating the vibration from the outside, the conventional aligner was installed through the vibrationproofing base as a whole on the floor line so that vibration generated by the stage system might not be transmitted outside.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When installing an aligner in a floor line through a vibrationproofing base as a whole like the above, transfer of vibration between an aligner and other equipments can be prevented. However, when vibration which remains between the reticle stage systems and wafer stage systems which synchronize mutually and are especially driven in the aligner of a scan exposure mold is transmitted mutually, there is a possibility that the synchronization error of a stage system may exceed tolerance. Moreover, when vibration which remains by the reticle stage system or the wafer stage system gets across to projection optics, there is also a possibility that the resolution and superposition precision of a projection image may fall.

[0005] It is desirable to make it not tell vibration which remains from a reticle stage system especially to projection optics as much as possible in the aligner of a contraction projection method, since the scan speed at the time of scan exposure becomes and the direction of a reticle stage system becomes [ migration length ] long compared with a wafer stage system. Moreover, it is F2 of short wavelength more nearly further than ArF excimer laser as an exposure light from now on. Although use of laser (wavelength of 157nm) etc. is also considered, to use such a vacuum-ultraviolet light (VUV light), it is necessary to

supply purge gas, such as gaseous helium which removed impurities, such as organic system gas, highly to the optical path of exposure light. Consequently, piping, a cable, etc. which are connected with the sealed cabin surrounding a reticle stage system increase, and the vibration from a control system etc. propagation—comes to be easy to projection optics through a reticle stage system. Therefore, propagation is expected development of a pile device for vibration between a reticle stage system and projection optics.

[0006] Moreover, when supporting the moving part which holds the reticle of a reticle stage system and moves on a base member through a pneumatic bearing, since [ that a scan speed is quick ] migration length is long, by the reticle stage system, there is also a possibility that the height (thickness of a gas layer) of the moving part may change with unbalanced loads etc. slightly during scan exposure. Thus, when the height of moving part changes, spacing of a reticle and projection optics will change, defocusing will arise in a projection image, and resolution will fall. Even if vibration faces developing a pile device to propagation between a reticle stage system and projection optics about this, it is desirable to have the device in which degradation of the projection image by change of spacing of a reticle and projection optics is prevented.

[0007] This invention sets it as the 1st purpose that vibration provides propagation with a pile exposure technique between the stage systems and projection optics holding a mask in view of this point. Moreover, this invention sets it as the 2nd purpose to offer the exposure technique which can control the physical relationship of the image surface of projection optics, and an exposed substrate in the predetermined condition. Furthermore, this invention sets it as the 3rd purpose to offer the exposure technique which can control the physical relationship of the image surface of projection optics, and an exposed substrate in the predetermined condition, also when the location of the moving part which holds a mask and moves when it applies to the aligner of a scan exposure mold changes.

[0008] Furthermore, when it applies to the aligner of a scan exposure mold, this invention sets it as the 4th purpose to offer the exposure technique in which the image formation condition of the pattern image projected by projection optics on a substrate is maintainable good, even if the location of the moving part which holds a mask and moves changes.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In the exposure approach which the 1st exposure approach by this invention illuminates the 1st body (R) with an exposure beam, and exposes the 2nd body (W1, W2) through the 1st body and a projection system (PL) That projection system supports the stage (31) holding that 1st body independently, the physical relationship of that stage and its projection system is measured, and at least one of spacing of that stage and its projection system and the tilt angles is controlled during exposure of that 2nd body based on this measurement information.

[0010] According to this this invention, the stage holding the 1st body and its projection system are supported mutually-independent. That is, in case the stage and its projection system drive the mask, vibration generated on the stage propagation—comes to be hard of a system in the projection system, when the 1st body is a mask since it is supported through a mutually different vibration isolator to a predetermined support device, for example. Thus, if the stage and its projection system are supported mutually-independent, the physical relationship of the stage (1st body) and its projection system will become easy to change. So, in this invention, the physical relationship of that stage and its projection system is measured, and the physical relationship of that stage and its projection system is maintained in the predetermined condition as an example based on this measurement result. Since the exposure side of the 2nd body can be focused to the image surface of the projection system, the image formation properties (resolution etc.) of the projection image imprinted on the 2nd body are always highly maintainable with this.

[0011] In this invention, in case the physical relationship of that stage and its projection system is measured, it is desirable to measure the location of the direction of an optical axis of that projection system to that projection system of that stage and the biaxial surrounding tilt angle (relative displacement of three degrees of freedom) with which it intersects perpendicularly within a flat surface perpendicular to this optical axis. The degree of freedom of the physical relationship of the stage and its projection system is 6, and since the stage performs the two-dimensional migration and the rotation (relative displacement of three degrees of freedom) for positioning or a scan during exposure in a field perpendicular to the optical axis of the projection system as an example, it can acquire the perfect information for amending

the physical relationship of the stage and its projection system by measuring the relative displacement of the three remaining degrees of freedom.

[0012] In this case, it is desirable to control so that spacing and the tilt angle of that stage and its projection system are maintained by the predetermined condition based on that measurement information. The image formation property of a projection image is maintainable in the best condition with this. Moreover, in case the 2nd exposure approach by this invention exposes the 2nd body, while it synchronizes and scans the 1st body and its 2nd body to the projection system in the 1st exposure approach. In case at least one of spacing of the stage and its projection system and the tilt angles is controlled, fluctuation of the physical relationship by the unbalanced load accompanying migration of the stage is controlled.

[0013] This applies this invention, when exposing by the scan exposure method. According to this invention, the stage and its projection system have a possibility that the physical relationship of the stage (1st body) and its projection system may change, when the stage moves at the time of scan exposure and change of the center-of-gravity location to the support devices (vibration isolator etc.) of the stage, i.e., an unbalanced load, arises, since it is supported mutually-independent. Then, based on the measurement information on the physical relationship of the stage and its projection system, scan exposure can be performed in an always good image formation property by returning the physical relationship to a predetermined condition.

[0014] Next, the 1st aligner by this invention illuminates the 1st body (R) with an exposure beam, and sets it to the aligner which exposes the 2nd body (W1, W2) through the 1st body and a projection system (PL). The vibrationproofing device of an active mold in which that projection system supports independently the stage (31) holding that 1st body, and this stage (8). The metering device which measures the physical relationship of the stage and its projection system (64, 65X, 35, 66). It has the control system (85) which controls at least one of spacing of that stage and its projection system, and the tilt angles through that vibrationproofing device based on the measurement information on this metering device during exposure of that 2nd body.

[0015] According to this invention, the exposure approach of this invention can be used by controlling the vibrationproofing device based on the measurement information on the metering device, so that the physical relationship of the stage and its projection system is maintained by the predetermined condition. Therefore, vibration cannot be easily transmitted between the stage and its projection system, and an always good image formation property is acquired. Moreover, while the 2nd aligner of this invention interlocks that stage in that 1st aligner to the coarse adjustment stage (33) driven in the predetermined direction to that projection system, and this coarse adjustment stage. The jogging device in which the relative position of the stage to the coarse adjustment stage is adjusted (58X, 58YA, 58YB). In case it has a balance member (32) for offsetting the reaction force at the time of driving the coarse adjustment stage and the 2nd body is exposed, the 1st body and its 2nd body are synchronously scanned to the projection system.

[0016] This applies this invention to the aligner of a scan exposure mold. According to this invention, the stage can be substantially scanned, for example by non-contact by the coarse adjustment stage at constant speed. Moreover, the vibration at the time of driving the coarse adjustment stage by the balance member is controlled. In this case, as for that coarse adjustment stage, it is desirable to be supported independently of that stage and its projection system. Since vibration which remains by this in case the coarse adjustment stage is driven propagation-comes to be hard in the stage (the 1st body) and a projection system, a still higher image formation property is acquired.

[0017] Moreover, in case the control system controls at least one of spacing of the stage and its projection system, and the tilt angles through the vibrationproofing device, it is desirable to control fluctuation of the physical relationship by the unbalanced load accompanying migration of the stage. Even if the stage moves at the time of scan exposure, an image formation property is highly maintained by this. Moreover, the migration mirror in which the location of the direction (non-scanning direction) where the metering device is perpendicular to the scanning direction of the 1st body held on the stage (31) as an example is shown (64). It has the interferometer for spacing measurement (35, 66) which measures spacing of the direction of an optical axis (Z direction) of the projection system of the reference mirror (65X) formed in the projection system, and its migration mirror and its reference mirror with one or more measurement shafts.

[0018] In this case, that migration mirror (64) can measure that spacing, without preparing a measuring machine stage in that stage (31) separately, since it can be made to serve a double purpose with the interferometer for location measurement of that non-scanning direction, and the interferometer for that spacing measurement. Moreover, as for the interferometer for spacing measurement of the metering device, it is desirable to have at least three measurement shafts. By this, it can ask for the location of the direction of an optical axis of that projection system to that projection system of that stage, and the biaxial surrounding tilt angle (relative displacement of three degrees of freedom) with which it intersects perpendicularly within a flat surface perpendicular to this optical axis based on the measurement information on that interferometer, without enlarging that interferometer not much.

[0019] Moreover, it is desirable for a part of optical system (67 66) of the interferometer for the spacing measurement to be supported by the supporter material (11, 12, 13) which supports the projection system. By this, the configuration by the side of the stage system for the 1st body can be simplified. Next, the 3rd aligner by this invention illuminates the 1st body (R) with an exposure beam, and sets it to the aligner which exposes the 2nd body (W1, W2) through the 1st body and a projection system (PL). The 1st stage (31) holding the 1st body, and the 2nd stage holding the 2nd body (43A, 43B), In order to displace relatively the 1st and 2nd bodies to the exposure beam, respectively and to carry out scan exposure of the 2nd body with the exposure beam The driving gear which synchronizes and drives the 1st and 2nd stages (82 83), The 1st and 2nd datum planes (64) which extend along the predetermined direction where the 1st body is moved at the time of the scan exposure are formed in the 1st stage. While measuring the positional information of the 1st stage about the predetermined direction and the direction which intersects perpendicularly using the 1st datum plane The metering device which measures the physical relationship of the 1st stage about the direction of an optical axis of the projection system, and its projection system using the 2nd datum plane (35 66), It has the adjusting device (8A-8C;43A, 43B) which adjusts the physical relationship of the image surface and the 2nd body of the projection system during the scan exposure based on the measurement information on the metering device.

[0020] According to this this invention, even when the physical relationship of the 1st stage and its projection system changes by controlling the adjusting device based on the measurement information on the metering device so that the exposure side of the 2nd body may focus to the image surface of the projection system, the exposure side of the 2nd body can be focused to the image surface of the projection system. Therefore, an always good image formation property is acquired on the 2nd body.

[0021] In this case, that metering device has the interferometer systems which irradiate the beam for measurement as an example in those 1st and 2nd datum planes, respectively, and those interferometer systems measure the physical relationship of that 1st stage and its projection system with two or more measurement shafts, respectively. By the interferometer systems, the physical relationship of the 1st stage and its projection system can be measured with high precision, without complicating the structure of the 1st stage.

[0022] Moreover, as for the interferometer systems, it is desirable to ask for the biaxial surroundings tilt angle which has at least three measurement shafts and intersects perpendicularly based on the measurement information on the interferometer systems in a flat surface perpendicular to the relative position and the optical axis of a projection system of the direction of an optical axis of the 1st stage and its projection system. All physical relationship required in order to maintain a good image formation property by this can be measured.

[0023] Moreover, as for the interferometer systems, it is desirable to prepare the optical system along which the beam for measurement irradiated by the 2nd datum plane at least passes in the supporter material (13) which supports the projection system. The physical relationship of the projection system and its 1st stage is measurable with high precision with this. Moreover, the coarse adjustment stage and its jogging stage are supported mutually-independent as an example including the coarse adjustment stage (33) which drives the 1st stage in the predetermined direction, and the jogging stage (31) where the 1st body is laid and is displaced relatively to the coarse adjustment stage. Even if vibration of that coarse adjustment stage propagation-comes to be hard on that jogging stage and carries out the high-speed drive of that coarse adjustment stage by this configuration at the time of scan exposure, the effect of vibration is controlled.

[0024] Moreover, as for the coarse adjustment stage, it is desirable to be supported independently of the projection system so that the propagation of vibration to the projection system may be prevented. Even if



it carries out the high-speed drive of the coarse adjustment stage, the effect of vibration in the projection system is controlled by this. Moreover, as for the adjusting device, it is desirable to control the physical relationship of the jogging stage and its projection system through the vibrationproofing device based on the measurement information including the vibrationproofing device (8A-8C) of the active mold which supports the jogging stage during the scan exposure. By this, even when the physical relationship of the jogging stage and its projection system changes comparatively a lot, the exposure side of the 2nd body can be focused with high precision to the image surface of the projection system.

[0025] Moreover, the adjusting device may be the focus device in which it is included in the 2nd stage (43A, 43B), and focusing and leveling of the 2nd body are performed. The adjusting device can be simplified by this. Next, the device manufacture approach of this invention includes the process which imprints a device pattern (R) on a work piece (W1, W2) using which aligner of above-mentioned this invention. Since an image formation property is highly maintained while a projection system is held by this invention at stability, the highly efficient device excellent in superposition precision, pattern fidelity (line breadth precision etc.), etc. can be manufactured.

[0026]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, it explains per example of the gestalt of operation of this invention. This example applies this invention, when exposing with the projection aligner of the scan exposure method which consists of step - and a - scanning method. Drawing 1 shows the projection aligner of this example, and the projection aligner of this example is installed in the clean room on the floor 1 of a semiconductor device plant as an example in this drawing 1 </A> . First, by this example, the ArF excimer laser which generates pulsed light with a wavelength of 193nm which is vacuum-ultraviolet light (VUV light) substantially is used as the exposure light source 17 of the projection aligner. In addition, this invention is F2 of short wavelength further also at a vacuum ultraviolet area as an exposure beam. It is suitable also when using laser (wavelength of 157nm), furthermore — as an exposure beam — Kr2 Laser (wavelength of 146nm), and Ar2 it is like laser (wavelength of 126nm) — the light from the vacuum-ultraviolet light of short wavelength, an YAG laser, the higher-harmonic generator of semiconductor laser, the higher-harmonic generator of semiconductor laser, etc. can also be used more.

[0027] Incidence of the exposure light IL as an exposure beam injected from the exposure light source 17 at the time of exposure is carried out to the 1st illumination system IL 1 in the 1st subchamber 19 through the beam matching unit (BMU) 18. The 1st illumination system IL 1 consists of optical integrators (the YUNIFO mizer or homogenizer), quantity of light monitors, adjustable aperture diaphragms, relay lens systems, etc. an optical unit including beam plastic surgery optical system, zoom optical system, etc., and for illuminance distribution equalization. With the pattern side (reticle side) of the reticle as a mask with which the injection side of the 1st illumination system IL 1 serves as the illuminated body (the 1st body), it is conjugation mostly and the movable field diaphragm 20 is arranged in this injection side.

[0028] In addition, the above-mentioned optical unit contains at least one movable prism (cone prism or polyhedron prism) and the diffracted-light study component of the number of \*\* arranged exchangeable in the 1st illumination system IL 1 in accordance with the optical axis of the 1st illumination system IL 1 besides zoom optical system while being arranged rather than an optical integrator within the 1st illumination system IL 1 at a light source side. In this case, that optical unit makes adjustable the intensity distribution of the exposure light IL on that plane of incidence, when that optical integrator is a fly eye lens, and when that optical integrator is internal reflection mold integrators (rod integrator etc.), it makes the range adjustable whenever [ incident angle / of the exposure light IL to that plane of incidence ]. It is possible to suppress the quantity of light loss accompanying modification of lighting conditions by this, while being able to change quantity of light distribution (the magnitude and the configuration of the secondary light source) of the exposure light IL on the lighting conditions of Reticle R, i.e., the pupil surface of the 1st and 2nd illumination systems IL1 and IL2, into arbitration.

[0029] The movable field diaphragm 20 plays the role which opens and closes a visual field so that any patterns other than an original circuit pattern may not be exposed at the time of initiation of the scan exposure to each shot field of the wafer as a substrate used as the exposed body (the 2nd body), and termination. Furthermore, in advance of scan exposure, according to the magnitude about the non-scanning direction of the circuit pattern for an imprint, the movable field diaphragm 20 is constituted also so that the width of face of the non-scanning direction of the visual field can be changed. Thus, with the



exposure body section, since the 1st illumination system IL 1 by which the movable field diaphragm 20 which has a possibility of generating vibration, at the time of closing motion of a visual field has been arranged is supported as another object, its exposure precision (superposition precision, imprint fidelity, etc.) in the exposure body section improves.

[0030] Incidence of the exposure light IL which passed the movable field diaphragm 20 is carried out to the 2nd illumination system IL 2 in the 2nd subchamber 15 attached in the predetermined column (detail after-mentioned). Only this fixed field diaphragm 21 is installed in the exterior of the 2nd subchamber 15 for the 2nd illumination system IL 2 including the mirror, condensing lens system, and the fixed field diaphragm 21 for a relay lens system and optical-path bending. The exposure light IL which passed the 2nd illumination system IL 2 illuminates the lighting field of the pattern side (reticle side) of the reticle R as a mask. The fixed field diaphragm 21 of this example is being fixed to the reticle alignment section 23 by which the reticle alignment microscope (un-illustrating) for performing alignment of Reticle R is arranged. That is, the fixed field diaphragm 21 is arranged on the top face close to Reticle R, i.e., the field which defocused only the specified quantity from the reticle side. Opening for specifying the lighting field in a reticle side to the field of the shape of a slit long and slender to the non-scanning direction which intersects perpendicularly with a scanning direction is formed in the fixed field diaphragm 21. In addition, the fixed field diaphragm 21 may be arranged near [ near the conjugation side with a reticle side (for example, the installation side of the movable field diaphragm 20) ].

[0031] Under the exposure light IL, through the projection optics PL as a projection system, the image of the pattern in the lighting field of Reticle R is the projection scale factor beta (beta is  $1/4$  time or  $1/5$  time), and is projected on the exposure field of the shape of a slit on the wafer W1 (or W2) with which the photoresist as a sensitization substrate (exposed substrate) was applied. The pattern image of Reticle R is imprinted by one shot field on a wafer W1 by carrying out the synchronized drive of the projection scale factor beta to a predetermined scanning direction in this condition by making Reticle R and a wafer W1 into a velocity ratio. Reticle R and wafers W1 and W2 are equivalent to the 1st body and the 2nd body of this invention, respectively, and wafers W1 and W2 are disc-like substrates, such as semi-conductors (silicon etc.) or SOI (silicon oninsulator).

[0032] As projection optics PL, it is an international public presentation official report (WO), for example, 00/39623 In accordance with one optical axis, the reflective refractive media of the straight cylinder mold constituted by arranging two or more dioptric lenses and two concave mirrors which have opening near the optical axis, respectively, the refractive media of the straight cylinder mold constituted by arranging a dioptric lens in accordance with one optical axis, etc. can be used as indicated. Furthermore, the reflective refractive media which have the optical axis which bent in the V character mold as projection optics PL, congruence telescopic reflective refractive media, etc. may be used. The Z-axis is taken in parallel with the optical axis AX of projection optics PL hereafter, the X-axis is taken along the non-scanning direction (namely, direction perpendicular to the space of drawing 1 ) which intersects perpendicularly with the reticle R at the time of scan exposure, and the scanning direction of wafers W1 and W2 in a flat surface (it has agreed in the horizontal plane mostly in this example) perpendicular to the Z-axis, and a Y-axis is taken and explained along the scanning direction (namely, direction parallel to the space of drawing 1 ).

[0033] First, it explains per configuration of the whole exposure body section containing the wafer stage system which supports the reticle stage system, the projection optics PL, and the wafers W1 and W2 which support the reticle R of this example. Namely, the rectangular plate-like frame axle-pin rake 2 is mostly installed on a floor 1. The cylinder-like body supporter 3 is mostly installed, respectively in three corresponding to the top-most vertices of an equilateral triangle of the periphery of the frame axle-pin rake 2. The zona-orbicularis-like base 5 of a body is laid in the top face of three body supporters 3 through the active mold vibrationproofing base 4, and the plate-like reticle stage susceptor 7 is installed through three columns 6 on the base 5 of a body. On the base 5 of a body, displacement sensors (un-illustrating), such as level of an electric type or an optical tilt-angle detector, are installed. The mechanical damper with which three active mold vibrationproofing bases 4 bear the amounts of Oshige, such as the Ayr damper or a hydraulic damper, respectively, So that the tilt angle to the horizontal plane of the base 5 of a body detected by the displacement sensor as an example may be settled in tolerance including the electromagnetic damper which consists of electromagnetic actuators, such as a voice coil motor The electromagnetic damper in three active mold vibrationproofing bases 4 drives, and pneumatic

pressure or oil pressure of a mechanical damper etc. is controlled if needed. In this case, with a mechanical damper, before vibration of the high frequency from a floor gets across to the exposure body section, it is decreased, and vibration of an extant low frequency is decreased with an electromagnetic damper.

[0034] The jogging stage susceptor 9 as plate-like supporter material is laid in the top face of the reticle stage susceptor 7 through three active mold vibrationproofing bases 8 in which it is located mostly at the top-most vertices of two equilateral triangles long and slender to the scanning direction of a reticle, and opening for passing the exposure light IL, respectively is formed in the center section of the reticle stage susceptor 7 and the jogging stage susceptor 9. The active mold vibrationproofing base 8 is the same configuration as the active mold vibrationproofing base 4 (however, load-proof nature is set up lower than the active mold vibrationproofing base 4), and three active mold vibrationproofing bases 8 are controlled so that spacing and the tilt angle of Reticle R and projection optics PL maintain a predetermined condition like the after-mentioned. The top face of the jogging stage susceptor 9 is processed on the very good guide side of flatness, the jogging stage 31 as a stage (movable stage) of this invention is smoothly laid in this guide side free [ sliding ] two-dimensional through a pneumatic bearing, and Reticle R is held by vacuum adsorption etc. on the jogging stage 31. Opening for passing the exposure light IL is formed also in the center section of the jogging stage 31.

[0035] Furthermore, the reticle alignment section 23 is fixed to the edge of the reticle stage susceptor 7, and the reticle alignment microscope (un-illustrating) and the fixed field diaphragm 21 are attached in the reticle alignment section 23 as mentioned above. Moreover, along with a Y-axis, the reticle Y-axis guide member 32 is arranged in parallel with the jogging stage susceptor 9 on the reticle stage susceptor 7, the coarse adjustment stage 33 is arranged so that it may drive by the counterbalance method with a linear motor in the direction of Y to the reticle Y-axis guide member 32, and the coarse adjustment stage 33 and the jogging stage 31 are connected through the actuator (detail after-mentioned) of three non-contact methods. While the jogging stage 31 is interlocked with the coarse adjustment stage 33 and driving it with constant speed in the \*\*Y direction, the minute amount drive of it is carried out to the coarse adjustment stage 33 in the direction of X, the direction of Y, and a hand of cut if needed by the actuator. The two-dimensional location and two-dimensional angle of rotation of the jogging stage 31 are measured on the basis of projection optics PL by the reticle Y-axis interferometer 34 and the reticle X-Z-axis interferometer (refer to drawing 3 ), and the location and rate of the coarse adjustment stage 33 and the jogging stage 31 are controlled based on this measurement information.

[0036] The reticle stage system RST is constituted from the jogging stage susceptor 9, the jogging stage 31, the reticle Y-axis guide member 32, the coarse adjustment stages 33, these drives, etc. by this example. This reticle stage system RST is covered with the reticle room (un-illustrating) as a sealed cabin. Although the reticle stage system RST of this example is a single holder method, it is good also as a double holder method which holds the reticle of two sheets for the reticle stage system RST at one set (jogging stage 31) of a movable stage, and good also as a double reticle stage method which lays the reticle of two sheets on a mutually-independent movable stage.

[0037] Moreover, the interface column 16 is installed so that the frame axle-pin rake 2 may be adjoined on a floor 1, and the reticle loader system RL and the wafer loader system WL are installed in the upper part and the lower part in the interface column 16, respectively. On the reticle stage susceptor 7, the reticle rotation delivery section 22 which holds a reticle temporarily while adjusting an angle of rotation is also installed, and the reticle for an imprint is received and passed between the reticle loader system RL and the jogging stage 31 through the reticle rotation delivery section 22.

[0038] next, the top face of the base 5 of a body — the inside of three columns 6 — three active mold vibrationproofing bases 10 are mostly installed in the location of the top-most vertices of an equilateral triangle, the cylinder-like projection system attaching part 11 is laid through a flange on these three active mold vibrationproofing bases 10, and projection optics PL is held in the center of the projection system attaching part 11. The active mold vibrationproofing base 10 is the same configuration as the active mold vibrationproofing base 4 (however, load-proof nature is set up lower than the active mold vibrationproofing base 4), and displacement sensors (un-illustrating), such as level of an electric type or an optical tilt-angle detector, are installed in the top face of the projection system attaching part 11. Actuation of three active mold vibrationproofing bases 10 is controlled so that the tilt angle (surrounding tilt angle of the biaxial surroundings, i.e., the X-axis, and a Y-axis) to the horizontal plane of the top face

of the projection system attaching part 11 detected by the displacement sensor as an example is settled in tolerance.

[0039] Moreover, the plate-like illumination system susceptor 13 is installed through four columns 12 on the projection system attaching part 11, and the point of projection optics PL is inserted in opening of the center of the illumination system susceptor 13. The 2nd subchamber 15 (the 2nd illumination system IL 2 is contained) is supported through the cylinder-like illumination system support column 14 by the edge near the 1st subchamber 19 on the illumination system susceptor 13. In this case, the point of the illumination system susceptor 13 and projection optics PL is contained in crevice 7b prepared in the base of the reticle stage susceptor 7, and the illumination system support column 14 is inserted in opening 7c prepared in the reticle stage susceptor 7. Moreover, the reticle Y-axis interferometer 34 is mostly installed in the illumination system support column 14 and a symmetric position about the optical axis AX of the projection optics PL on the illumination system susceptor 13. The reticle Y-axis interferometer 34 has reached the side face of the jogging stage 31 through 7d of openings prepared in the reticle stage susceptor 7, and it is based on the reference mirror (un-illustrating) of the side face of the direction of Y of projection optics PL with the reticle Y-axis interferometer 34. The location of the direction (scanning direction) of Y of the jogging stage 31 (reticle R), the surrounding angle of rotation (the amount of yawing) of the Z-axis, and the surrounding angle of rotation (the amount of pitching) of the X-axis are measured.

[0040] Moreover, although not illustrated in drawing 1, on the illumination system susceptor 13, the reticle X-Z-axis interferometer (detail after-mentioned) for measuring the surrounding tilt angle of the location of the direction of X of the jogging stage 31, the surrounding angle of rotation (the amount of rolling) of a Y-axis, spacing of the Z direction of projection optics PL and the jogging stage 31 and the X-axis of the jogging stage 31 to a flat surface perpendicular to the optical axis AX of projection optics PL, and a Y-axis is also formed.

[0041] By this example, projection optics PL and the 2nd illumination system IL 2 are supported on the common active mold vibrationproofing base 10 as mentioned above. Therefore, since the relative relation of the exposure light and projection optics PL which illuminate a reticle is maintained by the always fixed condition, the image formation property of projection optics PL is maintained by stability. Next, in this example, one pair of alignment sensors 46A and 46B of the image formation method which consists of a FIA (Field Image Alignment) method by the off-axis method so that projection optics PL may be inserted into the base of the projection system attaching part 11 in the direction of Y are being fixed. Moreover, the automatic focus sensor of the oblique incidence method which consists of incident light study system 47A for measuring the amount of defocusing to the image surface of the projection optics PL of the front face of the wafer for exposure and a tilt angle and light-receiving optical-system 47B is also installed in the base of the projection system attaching part 11.

[0042] Next, it explains to a detail per wafer stage system WST of this example. First, the wafer base 42 as a surface plate (base member) is hung and supported by the base of the base 5 of a body inside the body supporter 3 through the two wafer stage hanging sections 41 arranged so that the projection system attaching part 11 may be inserted in the direction of Y. The top face of the wafer base 42 is processed on the very good guide side of flatness, two wafer stages 43A and 43B are smoothly laid in this guide side for the direction of X, and the direction of Y through a pneumatic bearing, enabling free sliding, and the wafers W1 and W2 as an exposed substrate are held by vacuum adsorption etc. through the wafer holder (un-illustrating), respectively on wafer stage 43A and 43B.

[0043] The wafer stages 43A and 43B carry out step migration in the direction of X, and the direction of Y while carrying out continuation migration in the direction of Y, for example through the drive of a non-illustrated linear motor system, respectively. In this case, a counterbalance (un-illustrating) is built in free [migration in the direction of Y] in the buffer section 44 on the frame axle-pin rake 2, and the wafer stages 43A and 43B are connected with this counterbalance through the link mechanism. The reaction force at the time of driving the wafer stages 43A and 43B in the direction of Y is mostly offset by the buffer section 44, and generating of vibration is controlled. Furthermore, while carrying out the minute drive of the wafers W1 and W2 with three degrees of freedom of the direction of X, the direction of Y, and the surrounding hand of cut of the Z-axis, respectively, in order to perform leveling and focusing, the sample base for driving a wafer W1 with three degrees of freedom of the variation rate of a Z direction and the tilt angle around biaxial (namely, surroundings of the X-axis and a Y-axis) is built into the interior of the wafer stages 43A and 43B.

[0044] The wafer stage system WST of a double wafer stage method (or twin stage method) is constituted from the wafer base 42, the wafer stages 43A and 43B, and these drives by this example. With this configuration, since the 2nd wafer stage 43B side can perform exchange of a wafer W2 and alignment, for example during the scan exposure to a wafer W1 by the 1st wafer stage 43A side, a high throughput is obtained.

[0045] Moreover, one pair of wafer Y-axis interferometers 45A and 45B are installed in the lower side face which counters in the direction of Y of the projection system attaching part 11, and 3 sets of wafer X-axis interferometers (un-illustrating) are installed so that it may correspond to projection optics PL and the alignment sensors 46A and 46B on the lower side face of the direction of X of the projection system attaching part 11. From the measurement information on these interferometers, the location of each direction of X of the wafer stages 43A and 43B and the direction of Y and a list are asked for the surrounding angle of rotation (the amount of yawing) of the Z-axis, the surrounding angle of rotation (the amount of pitching) of the X-axis, and the surrounding angle of rotation (the amount of rolling) of a Y-axis. Moreover, the focal location (location of the direction of an optical axis of projection optics PL) and tilt angle of wafers W1 and W2 under exposure are measured by the above-mentioned automatic focus sensor (47A, 47B). The main control system 81 to which the measurement information on these interferometers and an automatic focus sensor carries out control of the actuation of the wafer stage drive system 83 of drawing 4 and the whole equipment is supplied. The wafer stage drive system 83 controls the location of the wafer stages 43A and 43B, a rate, a focal location, a tilt angle of wafers W1 and W2, etc. based on the measurement information and the control information from the main control system 81.

[0046] Moreover, the wafer conveyance device (un-illustrating) in which a wafer is delivered between the wafer loader system WL in the interface column 16 and the wafer stages 43A and 43B, and the device (un-illustrating) in which PURIFICATION of a wafer is performed are also established. When using vacuum-ultraviolet light as an exposure beam (exposure light) like this example, moreover, vacuum-ultraviolet light Since it is greatly absorbed with impurities, such as oxygen which exists in usual atmospheric air, a steam, hydrocarbon system gas, the organic substance (carbon dioxide etc.), and a halogenide, in order to prevent attenuation of an exposure beam An impurity needs to supply the gas (purge gas) removed highly to the optical path of an exposure beam by rare gas, such as the gas which an exposure beam penetrates, i.e., nitrogen (N<sub>2</sub>) gas, helium (helium), and neon (Ne), etc. Then, also in this example, the reticle stage system RST is contained in the reticle room (un-illustrating) as a sealed cabin. The wafer stage system WST is also contained in the wafer room (un-illustrating) as a sealed cabin. Projection optics PL is made airtight. The space between the 2nd subchamber 15 (the 2nd illumination system IL 2) and a reticle room, The space between a reticle room and projection optics PL and the space between projection optics PL and a wafer room have flexibility, respectively, and are covered with the covering member (un-illustrating) excellent in gas barrier nature. And the above-mentioned purge gas is supplied to the interior of projection optics PL from the non-illustrated purge gas feeder style at the interior of the interior of the subchambers 19 and 15, a reticle room, and a wafer room, and a list, respectively.

[0047] In addition, when using ArF excimer laser light (wavelength of 193nm) as an exposure light IL, it is also good for the optical system (BMU18 and the 1st and 2nd illumination systems IL1 and IL2 are included) arranged between the exposure light source 17 and Reticle R, and projection optics PL to supply purge gas. However, when wavelength uses vacuum-ultraviolet light about 180nm or less as an exposure light IL, it is desirable like the above to supply purge gas also to the space between the 2nd illumination system IL 2 and projection optics PL and the space between projection optics PL and a wafer, respectively.

[0048] Next, with reference to drawing 2 - drawing 4, it explains to a detail per configuration of the reticle stage system RST of this example. It is the front view which the top view and drawing 2 (B) which show the reticle stage system RST of drawing 1 cut some members of drawing 2 (A), and drawing 2 (A) lacked, and drawing 3 is drawing showing the important section of drawing 2, and drawing 4 shows the control system of the reticle stage system RST. As shown in drawing 2 (A) and (B), the jogging stage susceptor 9 is installed through three active mold vibrationproofing bases 8A, 8B, and 8C (it corresponds to the active mold vibrationproofing base 8 of drawing 1 as a whole) on the reticle stage susceptor 7. The jogging stage 31 which holds Reticle R smoothly free [ displacement ] to the direction of X (non-scanning

direction), the direction (scanning direction) of Y, and a hand of cut is laid through the Ayr pad 51 in the guide side on the jogging stage susceptor 9. The jogging stage 31 is in the condition which is the Ayr pad 51 and which blew off air (or the same gas as purge gas), and maintained spacing of several micrometers by balance of the force and a vacuum precharge pressure, and surfacing support is carried out on the guide side. As mentioned above, the active mold vibrationproofing bases 8A-8C contain the mechanical damper which bears the amounts of Oshige, such as the Ayr damper or a hydraulic damper, respectively, and the electromagnetic damper which consists of electromagnetic actuators, such as a voice coil motor. By controlling the thrust of the electromagnetic damper in three active mold vibrationproofing base 8A - 8C by the leveling control system 85 of drawing 4 mutually-independent, it is constituted by the optical axis AX at spacing (spacing of the optical-axis AX direction) of Reticle R and projection optics PL, and a list so that the tilt angle of the reticle R around biaxial [ with which it intersects perpendicularly within a perpendicular flat surface ] (for example, surroundings of the X-axis and a Y-axis) can be controlled.

[0049] In drawing 2 (A) and (B), along with a Y-axis, the Y-axis guide member susceptor 37 is arranged in parallel to the jogging stage susceptor 9 on the reticle stage susceptor 7, and one pair of cylindrical maintenance frames 38A and 38B are arranged so that it may counter along with a Y-axis on the Y-axis guide member susceptor 37. Along with the Y-axis, the rod-like reticle Y-axis guide member 32 is mostly held [ in this maintenance frame 38A and 38B ] for the cross-section configuration smoothly free [ sliding ] through the pneumatic bearing with the square in the direction of Y. And the crevice of the base by the side of the direction of -X of the coarse adjustment stage 33 is laid for the direction of Y through a pneumatic bearing on the reticle Y-axis guide member 32, enabling free sliding, and the jogging stage 31 is arranged so that inside 33a of the part of the L character mold by the side of the direction of +X of the coarse adjustment stage 33 may be countered.

[0050] Moreover, the stators 57A and 57B of a U character mold are fixed to a part parallel to the X-axis of inside 33a of the coarse adjustment stage 33 for a cross-section configuration at intervals of predetermined in the direction of X, and stator 57C (refer to drawing 3 (B)) of a U character mold is being fixed to the part parallel to the Y-axis of inside 33a for the cross section. Needles 56A, 56B, and 56C are being fixed to the side face of the direction of -Y of the jogging stage 31, and the side face of the direction of -X so that a point may be inserted in Stators 57A and 57B and 57C, respectively. Y-axis actuator 58YA of a voice coil motor method and 58YB are constituted from Needles 56A and 56B and Stators 57A and 57B by two non-contact methods, and X-axis actuator 58X of a voice coil motor method is constituted from needle 56C and stator 57C by the non-contact method. The jogging stage 31 which holds Reticle R to the coarse adjustment stage 33 during scan exposure by X-axis actuator 58X as a jogging device and two Y-axis actuator 58YA(s), and 58YB is moved slightly to the direction of X, the direction of Y, and the surrounding hand of cut of the Z-axis so that a synchronization error with a wafer may be amended if needed, while it is connected so that it may be relatively stood still by the non-contact method.

[0051] In addition, as actuator 58X, 58YA, and 58YB, the actuator of the thing which miniaturized the usual linear motor other than a voice coil motor, or the EI type core method which carries out push length of the one needle according to electromagnetic force by one pair of stators etc. can be used. Moreover, the Y-axis linear motor 55 as a coarse adjustment driving gear for driving the coarse adjustment stage 33 in the direction of Y relatively by non-contact to the reticle Y-axis guide member 32 consists of a stator 53 prepared in the top face of the reticle Y-axis guide member 32 along with the Y-axis, and a needle 54 prepared in the base of the coarse adjustment stage 33 so that this might be countered. Actuation of the Y-axis linear motor 55 and three actuator 58X, 58YA, and 58YB is controlled by the scan control system 86 of drawing 4. The reticle Y-axis guide member 32 of this example receives the maintenance frames 38A and 38B. Since it can move in the direction of Y freely, In case the coarse adjustment stage 33 (the jogging stage 31 is connected) is driven in the direction (or the direction of -Y) of +Y to the reticle Y-axis guide member 32 The reticle Y-axis guide member 32 as a counterbalance (balance member) moves in the direction (or the direction of +Y) of -Y which is hard flow so that the reaction force of the drive may be offset. Since generating of vibration is controlled in case the jogging stage 31 is driven to a scanning direction through the coarse adjustment stage 33 by this, exposure precision (resolution of the pattern imprinted, superposition precision, etc.) is maintained highly.

[0052] Moreover, in this example, since it moves along with the reticle Y-axis guide member 32 and only the jogging stage 31 is laid on the jogging stage susceptor 9, the coarse adjustment stage 33 can make

small the load concerning the jogging stage susceptor 9. Therefore, since the amount of fluctuation of the load distribution on the jogging stage susceptor 9 at the time of scan exposure can be made small, generating of vibration can be controlled also from this viewpoint.

[0053] Since the reticle Y-axis guide member 32 of this example is freely movable in the direction of Y, a possibility that a center position may incline in the direction of +Y or the direction of -Y gradually is during scan exposure. In order to prevent this, as shown in drawing 4, the linear encoders 61, such as a photoelectrical type as a relative-position sensor for reading the scale (un-illustrating) formed in the side face of the reticle Y-axis guide member 32, a magnetic formula, or an electrostatic-capacity type, are formed in the Y-axis guide member susceptor 37. And the Y-axis linear motor 60 as a driving gear for justification consists of a needle which consists of a stator 53 prepared in the reticle Y-axis guide member 32, and a stator 59 prepared in one maintenance frame 38B. The measurement information on a linear encoder 61 is supplied to the scan control system 86 through the coordinate measurement system 84 of drawing 4, and the scan control system 86 returns the center position of the direction of Y of the reticle Y-axis guide member 32 to the center position of the Y-axis guide member susceptor 37 periodically through the Y-axis linear motor 60.

[0054] It explains to drawing 2 per location instrumentation system of return and the jogging stage 31. First, the reticle Y-axis interferometer 34 consists of Y-axis interferometer 63YA of two predetermined spacing \*\*\*\*\* and 63YB(s) in the direction of X, and the measurement beams LC1 and LC2 are irradiated by migration mirror 62YA of the corner cube mold arranged at the edge of the direction of +Y of the jogging stage 31, and 62YB(s) in parallel with a Y-axis from Y-axis interferometer 63YA and 63YB(s), respectively. The core of the optical axis (measurement shaft) of the measurement beams LC1 and LC2 has passed through the core (in this example, it has agreed in the optical axis AX of projection optics PL) of the lighting field 36 of the exposure light to Reticle R, and the optical axis of the measurement beams LC1 and LC2 is the almost same height as the pattern side of Reticle R further. Y-axis interferometer 63YA and 63YB(s) measure the location of migration mirror 62YA of the jogging stage 31, and 62YB(s) with the resolution of 10nm - about 1nm on the basis of the reference mirror (un-illustrating) formed in the side face of the direction of +Y of projection optics PL, respectively, and such measurement information is supplied to the coordinate measurement system 84 of drawing 4. By the coordinate measurement system 84, the location RY of the direction (scanning direction) of Y of the jogging stage 31 (reticle R) and the surrounding angle of rotation (the amount of yawing) RthetaZ of the Z-axis are computed on the basis of projection optics PL from those measurement information.

[0055] Next, the rod-like migration mirror 64 is mostly arranged for a cross-section configuration along the direction of Y with a square at the edge of the direction of +X of the jogging stage 31, and the reticle X-Z-axis interferometer 35 for measuring the location of the direction of X of this migration mirror 64 and a Z direction is arranged. Are the top view in which drawing 3 (A) shows the important section of drawing 2 (A), and the side elevation which drawing 3 (B) cut the part which looks at drawing 3 (A) in the direction of -Y, and was lacked, and it sets to drawing 3 (A) and (B). The optical-system block 67 which the reticle X-Z-axis interferometer 35 is arranged on projection optics PL and the illumination system susceptor 13 currently supported in one, and has four reflectors (or partial reflection side) 67a-67d. It has the reflecting mirror 69 of the rectangular-prism mold held above the migration mirror 64 through the non-illustrated frame to this optical-system block 67, and the reflecting mirror 68 of the rectangular-prism mold held through the non-illustrated frame to the illumination system susceptor 13. In this case, the optical-system block 67 is inserted in opening 7a prepared in the reticle stage susceptor 7, a reflecting mirror 68 is mostly held in opening 7a, and reference mirror 65X of the X-axis is being fixed to the side face of the direction of +X of the projection optics PL by the side of the base of a reflecting mirror 68. Moreover, X-Z-axis detecting element 66 containing the photodetector of a laser light source and plurality (4 as an example) is arranged near the optical-system block 67 on the illumination system susceptor 13. The reticle X-Z-axis interferometer 35 and X-Z-axis detecting element 66 support the interferometer for spacing measurement of this invention.

[0056] In this example, as an example from X-Z-axis detecting element 66, after the laser beam of four shafts which were injected in parallel [ the laser beam of four shafts ] with the X-axis, and were injected is bent by + Z direction by 1st reflector 67a, the 1st laser beam is divided into the measurement beam LB1 (transmitted beam) and reference beam LR1 (reflective beam) by 2nd partial reflection side 67b. After the measurement beam LB1 penetrates 3rd partial reflection side 67c to + Z direction, it is reflected



in the direction of  $-X$  and incidence of it is carried out at the 67d of the 4th reflector almost at right angles to the reflector (it is perpendicular to about  $X$  shafts) of the direction of  $+X$  of the migration mirror 64. The measurement beam LB1 reflected in the migration mirror 64 follows an optical path almost contrary to the time of incidence, and it carries out incidence to 1st photodetector 66X in  $X-Z$ -axis detecting element 66 (refer to drawing 4) through Reflectors 67d-67a. Moreover, it is reflected in the direction of  $-X$  from partial reflection side 67b, and incidence of the reference beam LR1 is carried out almost at right angles to the reflector (it is perpendicular to about  $X$  shafts) of the direction of  $+X$  of reference mirror 65X, and reference beam LR1 reflected by reference mirror 65X follows an optical path almost contrary to the time of incidence, and is compounded with the measurement beam LB1 through Reflectors 67b and 67a. Therefore, the location of the direction of  $X$  of the migration mirror 64 of the jogging stage 31 (non-scanning direction) is measurable with the resolution of 10nm – about 1nm from the measurement information on the 1st photodetector 66X on the basis of reference mirror 65X of projection optics PL.

[0057] The 2nd which, on the other hand, penetrated 2nd partial reflection side 67b among the laser beams of four shafts injected from  $X-Z$ -axis detecting element 66 – the 4th laser beam The measurement beams LB2-LB4 (reflective beam) of three shafts which go to  $+Z$  direction by 1st page (beam splitter side) 68a of a reflecting mirror 68 after being reflected in the direction of  $-X$  by 3rd partial reflection side 67c, – It is divided into the reference beams LR2-LR4 (transmitted beam) of three shafts which advance in the direction of  $X$  as it is. The measurement beams LB2-LB4 of the three shafts advance to  $+Z$  direction, with a reflecting mirror 69, it is reflected by 180 degrees and incidence of them is carried out almost at right angles to the reflector (it is perpendicular to about  $Z$  shafts) of the top face of the migration mirror 64. As shown in drawing 3 (A), three points are the physical relationship which does not come on the same straight line, namely, incidence of the measurement beams LB2-LB4 of three shafts is carried out to the migration mirror 64 by this example by the physical relationship used as the top-most vertices of about 2 equilateral 3 square shapes. Notching section 9a for letting the measurement beams LB2-LB4 pass is prepared in the jogging stage susceptor 9. the measurement beams LB2-LB4 reflected in the migration mirror 64 should follow an optical path almost contrary to the time of incidence, and should pass 1st page 68a of a reflecting mirror 69 and a reflecting mirror 68, and Reflectors 67c-67a – the 2- in  $X-Z$ -axis detecting element 66 – incidence is carried out to 4th photodetector 66Z (refer to drawing 4).

[0058] Moreover, the reference beams LR2-LR4 of the three shafts penetrate 1st page 68a of a reflecting mirror 68, and by 2nd page (reflector) 68b, it is reflected in  $-Z$  direction and it carries out incidence almost at right angles to the reflector (it is perpendicular to about  $Z$  shafts) of the top face of reference mirror 65X. The physical relationship of reference beams LR2-LR4 is the same as the physical relationship of the measurement beams LB2-LB4 of drawing 3 (A). The reference beams LR2-LR4 reflected by reference mirror 65X follow an optical path almost contrary to the time of incidence, and are compounded with the measurement beams LB2-LB4 through 2nd page 68b and 1st page 68a of a reflecting mirror 68, respectively. therefore, the 2- the location (or the amount of fluctuation of spacing of the optical-axis  $AX$  direction) of the  $Z$  direction of the migration mirror 64 of the jogging stage 31 is measurable [ by three points ] from the measurement information on 4th photodetector 66Z on the basis of reference mirror 65X with the resolution of 10nm – about 1nm, for example, respectively.

[0059] Thus, the reticle  $X-Z$ -axis interferometer 35 of this example can measure the location of the direction of  $X$  of the jogging stage 31 (reticle R), and the location of the  $Z$  direction in three points on the basis of projection optics PL with a very compact configuration by making applicable to detection two reflectors of the migration mirror 64 which intersect perpendicularly, and two reflectors of reference mirror 65X which intersect perpendicularly. The measurement information on four photodetectors 66X and 66Z in  $X-Z$ -axis detecting element 66 is supplied to the coordinate measurement system 84 of drawing 4.

[0060] The coordinate measurement system 84 asks for the location RX of the direction of  $X$  of the jogging stage 31 which holds the migration mirror 64, as a result Reticle R on the basis of projection optics PL from the measurement information on photodetector 66X of the  $X$ -axis in drawing 4. The location of the  $Z$  direction of the migration mirror 64 on the basis of the measurement information on photodetector 66Z of the three  $Z$ -axes to the projection optics PL, as a result the jogging stage 31 (Namely, the amount of fluctuation of spacing of projection optics PL and the jogging stage 31) The



surrounding angle of rotation (the amount of pitching)  $R_{\theta X}$  of the X-axis of the jogging stage 31 to a perpendicular flat surface and the surrounding angle of rotation (the amount of rolling)  $R_{\theta Y}$  of a Y-axis are computed to an optical axis AX at RZ and a list. The coordinate measurement system 84 supplies the information on the surrounding angles of rotation  $R_{\theta X}$  and  $R_{\theta Y}$  of the locations RX and RY of the direction of X of the jogging stage 31, and the direction of Y, the location RZ of a Z direction and the X-axis, and a Y-axis to the leveling control system 85 while supplying the information on the locations RX and RY of the direction of X of the jogging stage 31, and the direction of Y, and the surrounding angle of rotation  $R_{\theta Z}$  of the Z-axis to the scan control system 86 and the main control system 81. In drawing 4, the reticle stage drive system 82 which drives the reticle stage system RST from the coordinate measurement system 84, the leveling control system 85, and the scan control system 86 is constituted. [0061] Next, it explains per example of actuation in case the projection aligner of this example performs scan exposure. Under the present circumstances, it is alike, alignment of Reticle R is performed beforehand, and the main control system 81 recognizes the physical relationship of the direction of X of the jogging stage susceptor 9 and the jogging stage 31 (reticle R) in drawing 4, the direction of Y, and the surrounding hand of cut of the Z-axis. Furthermore, the value of the location RZ of the Z direction of the jogging stage 31 (reticle R) measured by the reticle X-Z-axis interferometer 35 of drawing 3 in case the projection image of the pattern of Reticle R is projected on a wafer in the best condition with a test print etc., and X-Z-axis detecting element 66 (hereafter) it is called "desired value RZ 1." And the value of the surrounding angles of rotation  $R_{\theta X}$  and  $R_{\theta Y}$  of the X-axis and a Y-axis (it is hereafter called "desired value  $R_{\theta X1}$  and  $R_{\theta Y1}$ ".) It is determined and the storage section in the main control system 81 memorizes. The main control system 81 supplies the information on the desired value RZ1,  $R_{\theta X1}$ , and  $R_{\theta Y1}$  to the leveling control system 85.

[0062] Moreover, the offset delta RXG and delta RYG of the location of the center of gravity G of the jogging stage 31 to the measurement values RX and RY of the location of the direction of X of the jogging stage 31 and the direction of Y is searched for beforehand, and is memorized by the storage section in the main control system 81. furthermore, the relation (henceforth "the relation F between a center of gravity and load distribution (GX, GY)") between the center-of-gravity locations GX and GY of the direction of X of the jogging stage 31, and the direction of Y, and distribution of the load which three active mold vibrationproofing bases 8A-8C which support the jogging stage susceptor 9 are boil, respectively — count — or it asks experimentally and the storage section in the main-control system 81 memorizes. The main control system 81 supplies the information on the relation F of the Offset delta RXG and delta RYG and center of gravity, and load distribution (GX, GY) to the leveling control system 85 before exposure.

[0063] Next, alignment of the wafer W1 on 1st wafer stage 43A is performed using alignment sensor 46A of drawing 1. Then, the main control system 81 of drawing 4 moves the jogging stage 31 in the reticle stage system RST to a scan starting position (edge of the direction of +Y of the jogging stage susceptor 9, or the direction of -Y) in parallel to moving wafer stage 43A of drawing 1 to a scan starting position through the wafer stage drive system 83 by driving the coarse adjustment stage 33 through the scan control system 86 in the reticle stage drive system 82. From this condition, the jogging stage 31 and wafer stage 43A synchronize as a velocity ratio, and are scanned in the projection scale factor of projection optics PL under control of the main control system 81, the exposure to the lighting field 36 of the exposure light IL is started, and the image of the pattern of Reticle R is serially imprinted by the scan exposure method by the 1st shot field on the wafer W1 of drawing 1.

[0064] In this case, the coarse adjustment stage 33 of the reticle stage system RST drives the jogging stage 31 in the direction of +Y, or the direction of -Y with a fixed scan speed. And so that the synchronization error of the wafer W1 and Reticle R which remain during scan exposure may be offset. The locations RX and RY of the direction of X among the positional information of the jogging stage 31 detected with a reticle interferometer (35, 63YA, 63YB), and the direction of Y, and the angle of rotation  $R_{\theta Z}$  of the circumference of the Z-axis (the amount of yawing), It is based on the positional information (the location and the amount of yawing of the direction of X and the direction of Y are included at least) of the wafer stage detected with wafer interferometers (45A, 45B, etc.). The slight amount drive of the jogging stage 31 (reticle R) is carried out by actuator 58X of the X-axis and a Y-axis, 58YA, and 58YB to the coarse adjustment stage 33 in the direction of X, the direction of Y, and the surrounding hand of cut of the Z-axis. In this case, the jogging stage 31 is small, since-izing can be

carried out [ lightweight ], a synchronization error can be amended with high precision with a high speed of response, and a high exposure precision is acquired. As this example shows to drawing 1 , moreover, the jogging stage 31 which moves Reticle R, and projection optics PL and the wafer stages 43A and 43B which move wafers W1 and W2 Since it is supported mutually-independent through the active mold vibrationproofing base 8 (8A-8C) and the active mold vibrationproofing base 10, vibration produced in case the jogging stage 31 and the wafer stages 43A and 43B are driven does not have a bad influence on projection optics PL etc., and a still higher exposure precision is acquired.

[0065] In addition, although the jogging stage 31 shall be moved slightly and the above-mentioned synchronization error shall be offset in this example, it may construct with it instead of the jogging stage 31, the sample base of \*\*\*\*\* and a wafer stage may be moved slightly with three degrees of freedom of the direction of X, the direction of Y, and the hand of cut of the circumference of the Z-axis, and a synchronization error may be offset. Moreover, the direction of X of the jogging stage 31 supplied from the coordinate measurement system 84 in the leveling control system 85 of drawing 4 , It is based on the information on the surrounding angles of rotation RthetaX and RthetaY of the locations RX and RY of the direction of Y, the location RZ of a Z direction and the X-axis, and a Y-axis. The location RZ and the X-axis of a Z direction of the jogging stage 31, The thrust of the Z direction of the electromagnetic damper in three active mold vibrationproofing base 8A - 8C which supports the jogging stage susceptor 9 so that the surrounding angles of rotation RthetaX and RthetaY of a Y-axis may agree in the above-mentioned desired value RZ 1, and RthetaX1 and RthetaY1, respectively is controlled. For this reason, the leveling control system 85 asks for the locations RX and RY of the jogging stage 31, and the locations GX and GY of the center of gravity G of the above-mentioned offset delta RXG and delta RYG to the jogging stage 31 from a degree type a predetermined period.

[0066]  $GX = RX + \text{delta } RXG$  --- (1A)

$GY = RY + \text{delta } RYG$  --- (1B)

The leveling control system 85 furthermore, by applying the locations GX and GY of a center of gravity G to the relation F of the above-mentioned center of gravity and load distribution which are supplied from the main control system 81 (GX, GY) Three active mold vibrationproofing bases 8A-8C are alike, respectively, this load is computed, and the thrust of the electromagnetic damper in active mold vibrationproofing base 8A - 8C is controlled so that the height of the active mold vibrationproofing bases 8A-8C becomes fixed according to these loads. This means controlling the thrust of the electromagnetic damper in active mold vibrationproofing base 8A - 8C by the feedforward method according to the location of the scanning direction of the jogging stage 31. And the thrust of the electromagnetic damper in active mold vibrationproofing base 8A - 8C is controlled further to amend the location RZ of the jogging stage 31 which remains also by this control, the desired value RZ 1 of angles of rotation RthetaX and RthetaY, and the error over RthetaX1 and RthetaY1. Where the jogging stage susceptor 9 is supported through the active mold vibrationproofing bases 8A-8C by this, even if the location of the scanning direction of the jogging stage 31 changes a lot during scan exposure, the surrounding angle of rotation of spacing of projection optics PL and Reticle R and the X-axis of Reticle R, and a Y-axis is maintainable in the condition that the best image formation property is acquired, with a high speed of response. This means controlling fluctuation of the physical relationship of the jogging stage 31 (reticle R) and projection optics PL by the unbalanced load accompanying migration of the jogging stage 31.

[0067] In parallel to this actuation, by the wafer stage system WST side of drawing 1 , the sample base in wafer stage 43A drives so that the front face of a wafer W1 may focus to the image surface of projection optics PL based on the measurement information on an automatic focus sensor (47A, 47B). In the shot field of a wafer W1, the image of the pattern of Reticle R is imprinted by this in the best condition.

[0068] Scan exposure to all the shot fields of a wafer W1 is performed by repeating step migration of wafer stage 43A, and the above actuation. Then, scan exposure is performed similarly to the wafer W2 on 2nd wafer stage 43B. Moreover, in a contraction projection method like this example, the jogging stage 31 for reticles is scanned more by the high speed rather than the wafer stages 43A and 43B by the ratio of the inverse number of a projection scale factor. Therefore, the scan speed of the jogging stage 31 determines the exposure time to each shot field on a wafer. About this, in this example, the coarse adjustment stage 33 of the reticle stage system RST does not contact the jogging stage susceptor 9, and only the small lightweight jogging stage 31 moves in the jogging stage susceptor 9 top. Therefore, on the jogging stage susceptor 9, where generating of vibration is controlled, since the jogging stage 31 is

movable to a high speed, the exposure time to each shot field can be shortened, and the throughput of an exposure process can be raised.

[0069] In addition, although the coarse adjustment stage 33 of the reticle stage system RST and the reticle Y-axis guide member 32 are supported on the reticle stage susceptor 7, you may make it support the coarse adjustment stage 33 and the reticle Y-axis guide member 32 in drawing 1 with the gestalt of the above-mentioned operation with another column installed on the frame axle-pin rake 2.

[0070] Next, with reference to drawing 5, it explains per gestalt of another operation of the reticle X-Z-axis interferometer 35 of the gestalt of the above-mentioned operation. In drawing 5, a same or similar sign is given to the part corresponding to drawing 3, and the detail explanation is omitted. A cross-section configuration is a square mostly and, as for migration mirror 64A which is the top view in which drawing 5 (A) shows the important section of this example, and the side elevation which drawing 5 (B) cut the part which looked at drawing 5 (A) in the direction of -Y, and was lacked, and was attached in the side face of the direction of +X of the jogging stage 31 in drawing 5 (A) and (B), the mirror plane is made to the side face and base of the direction of +X. Reticle X-Z-axis interferometer 35A of this example is equipped with the optical-system block 70 which is arranged on the illumination system susceptor 13 and has three reflectors (or partial reflection side) 70a-70c, the optical-system block 71 which is fixed to this optical-system block 70, and has two reflectors (or beam splitter side) 71a and 71b, and two reflecting mirrors 72 and 73 of the rectangular-prism mold fixed to this optical-system block 71. In this case, the optical-system blocks 70 and 71 are inserted in opening 7a of the reticle stage susceptor 7, a reflecting mirror 73 is mostly held in opening 7a, and the reflecting mirror 72 is being fixed to the base side of reference mirror 65X of the X-axis of the side face of projection optics PL. Moreover, X-Z-axis detecting-element 66A containing a laser light source and four photodetectors is arranged near the optical-system block 70.

[0071] In this example, after the 1st laser beam is bent by + Z direction by 1st reflector 70a among the laser beams of four shafts injected from X-Z-axis detecting-element 66A, it is divided into the measurement beam LB1 (transmitted beam) and reference beam LR1 (reflective beam) by 2nd partial reflection side 70b. By 3rd reflector 70c, it is reflected in the direction of -X and incidence of the measurement beam LB1 is carried out almost at right angles to the reflector of the direction of +X of migration mirror 64A. The measurement beam LB1 reflected by migration mirror 64A follows an optical path almost contrary to the time of incidence, and it carries out incidence to the 1st photodetector in X-Z-axis detecting-element 66A through Reflectors 70c-70a. Moreover, it is reflected in the direction of -X from reflector 70b, and incidence of reference beam LR1 is carried out almost at right angles to the reflector of the direction of +X of reference mirror 65X, and reference beam LR1 reflected by reference mirror 65X follows an optical path almost contrary to the time of incidence, and is compounded with the measurement beam LB1 through Reflectors 70b and 70a. Therefore, the location of the direction of X of migration mirror 64A of the jogging stage 31 (non-scanning direction) is measurable from the measurement information on the 1st photodetector on the basis of reference mirror 65X of projection optics PL.

[0072] The 2nd which, on the other hand, penetrated 1st partial reflection side 70a among the laser beams of four shafts injected from X-Z-axis detecting-element 66A - the 4th laser beam are divided into the measurement beams LB2-LB4 (reflective beam) of three shafts which go to + Z direction by beam splitter side 71a, and the reference beams LR2-LR4 (transmitted beam) of three shafts which advance in the direction of -X as it is. It is reflected in the direction of -X by reflector 71b, and with a reflecting mirror 73, it is reflected in + Z direction and incidence of the measurement beams LB2-LB4 of the three shafts is carried out almost at right angles to the reflector (it is perpendicular to about Z shafts) of the base of migration mirror 64A. As shown in drawing 5 (A), three points carry out incidence of the measurement beams LB2-LB4 of three shafts to migration mirror 64A by the physical relationship which does not come on the same straight line. Notching section 9b for letting the measurement beams LB2-LB4 pass is prepared in the jogging stage susceptor 9. The measurement beams LB2-LB4 reflected by migration mirror 64A follow an optical path almost contrary to the time of incidence, and it carries out incidence to the 2nd in X-Z-axis detecting-element 66A - the 4th photodetector through a reflecting mirror 73 and Reflectors 71b, 71a, and 70a.

[0073] Moreover, with a reflecting mirror 72, it is reflected in + Z direction and incidence of the reference beams LR2-LR4 of three shafts which penetrated the beam splitter side 71a is carried out almost at right angles to the reflector (it is perpendicular to about Z shafts) of the base of reference mirror 65X. The

physical relationship of reference beams LR2-LR4 is the same as the physical relationship of the measurement beams LB2-LB4 of drawing 5 (A). The reference beams LR2-LR4 reflected by reference mirror 65X follow an optical path almost contrary to the time of incidence, and are compounded with the measurement beams LB2-LB4 through a reflecting mirror 72 and beam splitter side 71a, respectively. Therefore, the location (or the amount of fluctuation of spacing of the optical-axis AX direction) of the Z direction of the migration mirror 64 of the jogging stage 31 is measurable by three points on the basis of reference mirror 65X from the measurement information on the 2nd - the 4th photodetector.

[0074] Thus, reticle X-Z-axis interferometer 35A of this example can measure the location of the direction of X of the jogging stage 31 (reticle R), and the location of the Z direction in three points on the basis of projection optics PL, simplifying the configuration by the side of a reticle stage system without arranging a reflecting mirror etc. above Reticle R by making the base of migration mirror 64A applicable to detection.

[0075] In addition, although spacing and the angle of rotation of Reticle R and projection optics PL shall be maintained in the predetermined condition with the above-mentioned operation gestalt by control of the active mold vibrationproofing bases 8A-8C (thrust of an electromagnetic damper) The pattern image of the reticle R projected by projection optics PL on a wafer may be maintained to best using the adjusting device which constructs with this instead of the active mold vibrationproofing bases 8A-8C, and is displaced relatively in the image surface and Wafer W of \*\*\*\*\* and projection optics PL. The angles of rotation RthetaX and RthetaY of the circumference of the location RZ of the Z direction among the positional information of the jogging stage 31 specifically detected with a reticle interferometer (35, 63YA, 63YB), the X-axis, and a Y-axis, It is based on the measurement information on an automatic focus sensor (47A, 47B). Amend fluctuation of the image formation condition of the wafer W1 which originates in change of the relative-position relation (spacing and rotation) between Reticle R and projection optics PL, and is produced, and the reticle pattern on W2. That is, the image surface of projection optics PL and the front face of a wafer agree mostly in the exposure field (projection field of a pattern image) of the exposure light IL on a wafer (if it puts in another way). What is necessary is just to drive the sample base of the wafer stages 43A and 43B, for example, the front face of a wafer is set up in the effectual depth of focus of projection optics PL. If adjustment of the tilt angle of the circumference of the location of the Z direction, the X-axis, and a Y-axis is possible for the adjusting device at at least one of Reticle R, a wafer, and the image surfaces of projection optics PL, it is good.

[0076] Here, when driving Reticle R, to the coarse adjustment stage 33, the jogging stage 31 may be added to three degrees of freedom of the direction of X, the direction of Y, and the hand of cut of the circumference of the Z-axis, and may be constituted from three degrees of freedom of the hand of cut of the circumference of a Z direction, the X-axis, and a Y-axis possible [ jogging ], or Reticle R may consist of three degrees of freedom of the hand of cut of the circumference of a Z direction, the X-axis, and a Y-axis possible [ jogging ] to the jogging stage 31. Furthermore, the image formation properties (aberration etc.) of projection optics PL are adjusted, and it may be made to move by moving one optical element, for example, even if there is no smallness of projection optics PL in the image surface (an inclination is included).

[0077] Moreover, although Y-axis interferometer 63YA and 63YB shall detect the amount of yawing of a reticle stage (jogging stage 31) with the above-mentioned operation gestalt, the laser beam of one shaft which left only predetermined spacing is added in the 1st laser beam, parallel, and the direction of Y with the X-Z interferometer 35, and it is good also as measurement of the amount of yawing being possible. In this case, one is sufficient at a time as the migration mirror and Y-axis interferometer of the cube-corner-reflector mold formed in the jogging stage 31, respectively. Furthermore, although Y-axis interferometer 63YA, migration mirror 62YA of the jogging stage 31 where each laser beam of 63YB is irradiated, and 62YB were used as the cube-corner-reflector mold with the above-mentioned operation gestalt, the migration mirror in which a reflector turns into a flat surface may be used, or mirror plane processing of the end face (side face) of the jogging stage 31 is carried out, and it is good also as a reflector. At this time, it is also good to form the single reflector which extends in the direction of X for a long time than spacing of the laser beam of Y-axis interferometer 63YA and 63YB.

[0078] Furthermore, although the 2nd page of the side face and top face (or inferior surface of tongue) was made into the reflector for the migration mirror 64 which reflects each laser beam of the X-Z interferometer 35 with the above-mentioned operation gestalt as another object in the jogging stage 31, it

is good also as one apparatus which carries out mirror plane processing of the end face (side face) and top face (or inferior surface of tongue) which extend in the direction of Y of the jogging stage 31, respectively, and is made into a reflector. Moreover, although the angles of rotation  $R_{\theta X}$  and  $R_{\theta Y}$  of the circumference of the location RZ of the Z direction of the jogging stage 31, the X-axis, and a Y-axis shall be measured with the X-Z interferometer 35 with the above-mentioned operation gestalt. For example, by one side of Y-axis interferometer 63YA and 63YB, add the laser beam of one shaft which left only predetermined spacing to the laser beam and parallel, and a Z direction, and the angle of rotation (the amount of pitching)  $R_{\theta X}$  of the circumference of the X-axis is made them measurable. It is also good to measure the location of the Z direction of the jogging stage 31 only by two points, and to acquire the location RZ of a Z direction, and the angle of rotation  $R_{\theta Y}$  of the circumference of a Y-axis in the X-Z interferometer 35.

[0079] Moreover, although the wafer base 42 where a wafer stage is arranged shall be hung and it shall fix to the base 5 of a body in the section 41 in the above-mentioned operation gestalt, it may dissociate from the base 5 of a body, and the wafer base 42 may be arranged. For example, it is not necessary to install active mold vibrationproofing base where the active mold vibrationproofing base 4 in which the base 5 of a body is laid is another on the frame axle-pin rake 2, to lay the wafer base 42 on this another active mold vibrationproofing base, and to form the active mold vibrationproofing base 10 with this configuration. Moreover, although 2 sets of alignment sensors 46A and 46B shall be formed with the above-mentioned operation gestalt, the alignment sensor which detects the mark on a wafer may be made only into 1 set, and you may constitute so that two wafer stages may be replaced by turns between this 1 set of alignment sensors and projection optics PL. In short, the aligner of this invention is not restricted to the configuration of drawing 1, is arbitrary and is not cared about.

[0080] In addition, the projection aligner of the gestalt of the above-mentioned operation includes the illumination-light study system and projection optics which consist of two or more lenses in the body of an aligner, carries out optical adjustment, can attach in the body of an aligner the reticle stage and wafer stage which consist of many machine parts, can connect wiring and piping, and can manufacture them by carry out comprehensive adjustments (electric adjustment, check of operation, etc.) further. In addition, as for manufacture of the aligner, it is desirable to carry out in the clean room where temperature, an air cleanliness class, etc. were managed.

[0081] When manufacturing a semiconductor device on a wafer using the projection aligner of the gestalt of the above-mentioned operation, furthermore, this semiconductor device The step which performs the function and engine-performance design of a device, the step which manufactures the reticle based on this step, The step which makes a wafer from a silicon ingredient, the step which performs alignment with the projection aligner of the gestalt of the above-mentioned operation, and exposes the pattern of a reticle to a wafer, It is manufactured through a device assembly step (a dicing process, a bonding process, and a package process are included), an inspection step, etc.

[0082] In addition, it can apply also to the aligner for, for example, manufacturing various devices, such as an aligner for display units, such as a liquid crystal display component formed in the glass plate of a square shape, or a plasma display, and image sensors (CCD etc.), a micro machine, the thin film magnetic head or a DNA chip, widely, without being limited to the aligner for semiconductor device manufacture as an application of the aligner of this invention. Furthermore, this invention is applicable also to the exposure process (aligner) at the time of manufacturing the masks (a photo mask, reticle, etc.) with which the mask pattern of various devices was formed using a photograph RISOGRAPH process.

[0083] Moreover, this invention is applicable not only to the projection aligner of a scan exposure method like step - and - scanning method but the projection aligner of a step-and-repeat method (one-shot exposure method). Moreover, any of refractive media, reflective refractive media, and a reflective system are sufficient as projection optics PL, and any of a contraction system, unit systems, and an expansion system sufficient as it. Furthermore, an exposure beam may not be restricted to vacuum-ultraviolet light, ultraviolet radiation or far-ultraviolet light is sufficient as it, and charged-particle lines, such as EUV light, an X-ray or an electron ray, and an ion beam, etc. are sufficient as it.

[0084] The movable stage (jogging stage 31) of a wafer stage system or a reticle stage system may be held in these cases by which methods, such as an Ayr surfacing mold which used the pneumatic bearing, or a magnetic levitation mold. Moreover, a movable stage may be a guide loess type which does not prepare a guide like the gestalt of the above-mentioned operation, and the type which moves along with a

guide is sufficient as it.

[0085] Moreover, the reaction force generated at the time of the acceleration and deceleration at the time of step migration of a wafer stage or a reticle stage and scan exposure etc. is an United States patent (USP), for example, respectively. The 5,528,118th A number or United States patent (USP) The 6,020,710th You may miss to the floor (earth) mechanically using a frame member as indicated by the number (JP,8-33022,A). Thus, this invention is not limited to the gestalt of above-mentioned operation, but can take configurations various in the range which does not deviate from the summary of this invention.

[0086]

[Effect of the Invention] Since the stage holding the 1st body (mask) is supported independently of a projection system according to this invention, vibration has a pile advantage in propagation between the stage systems and projection optics holding a mask. Furthermore, [ whether based on this measurement information, at least one of spacing of that stage and its projection system and the tilt angles is controlled during exposure of the 2nd body (substrate) by measuring the physical relationship of that stage and its projection system, and ] Or by controlling the physical relationship of the projection system and 2nd body (substrate), it can be compatible in supporting a mask and a projection system mutually-independent and maintaining the physical relationship of the image surface of a projection system, and the exposure side of the 2nd body in the predetermined condition, and a high exposure precision is acquired.

[0087] Moreover, this invention is applied to the aligner of a scan exposure mold by controlling fluctuation of the physical relationship by the unbalanced load accompanying migration of a stage, also when the location of the moving part which holds a mask and moves changes, the physical relationship of the image surface of a projection system and the exposure side of a substrate can be maintained in the predetermined condition, and a high exposure precision is acquired. Moreover, according to the manufacture approach of the device of this invention, the highly efficient device excellent in superposition precision or pattern fidelity can be mass-produced.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

**[Brief Description of the Drawings]**

**[Drawing 1]** It is the block diagram which cut and lacked the part which shows the projection aligner of an example of the gestalt of operation of this invention.

**[Drawing 2]** They are the top view in which (A) shows the reticle stage system of drawing 1 , and the front view which (B) cut a part of drawing 2 (A), and was lacked.

**[Drawing 3]** They are the top view in which (A) shows the important section of the reticle stage system of drawing 2 (A), and the side elevation which (B) cut the part which looked at drawing 3 (A) in the direction of -Y, and was lacked.

**[Drawing 4]** It is drawing showing the control system of the reticle stage system of the gestalt of the operation.

**[Drawing 5]** They are the top view in which (A) shows the important section of the reticle stage system of other examples of the gestalt of operation of this invention, and the side elevation which (B) cut the part which looked at drawing 5 (A) in the direction of -Y, and was lacked.

**[Description of Notations]**

RST [ -- Wafer stage system, ] -- A reticle stage system, R -- A reticle, PL -- Projection optics, WST W1, W2 -- A wafer, 4 -- An active mold vibrationproofing base, 7 -- Reticle stage susceptor, 8 (8A-8C) -- An active mold vibrationproofing base, 9 -- Jogging stage susceptor, 10 -- Active mold vibrationproofing base, 11 [ -- Reticle Y-axis guide member, ] -- A projection system attaching part, 13 -- Illumination system susceptor, 31 -- A jogging stage, 32 33 -- 35 A coarse adjustment stage, 35A -- A reticle X-Z-axis interferometer, 37 -- Y-axis guide member susceptor, 55 [ -- A migration mirror, 65X / -- A reference mirror, 66, 66 A--X-Z shafts detecting element ] -- A Y-axis linear motor, 58X -- An X-axis actuator, 58YA, 58YB -- 64 A Y-axis actuator, 64A

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

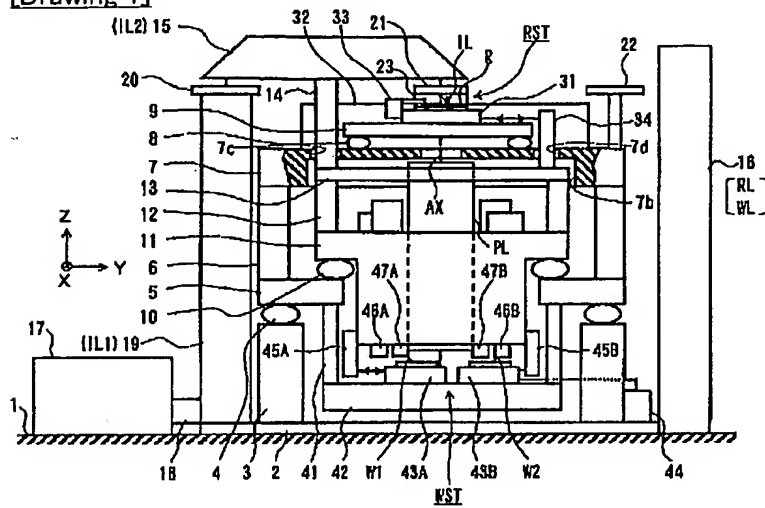
1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\* shows the word which can not be translated.

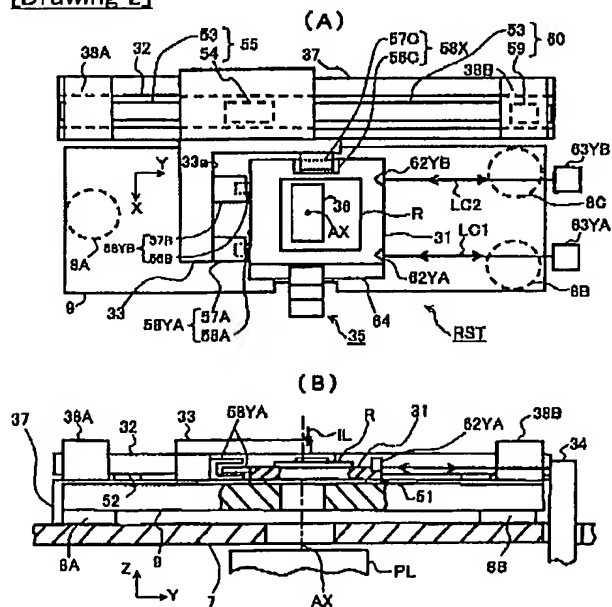
3.In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

[Drawing 1]

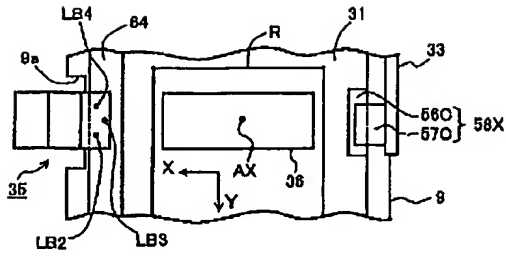


[Drawing 2]

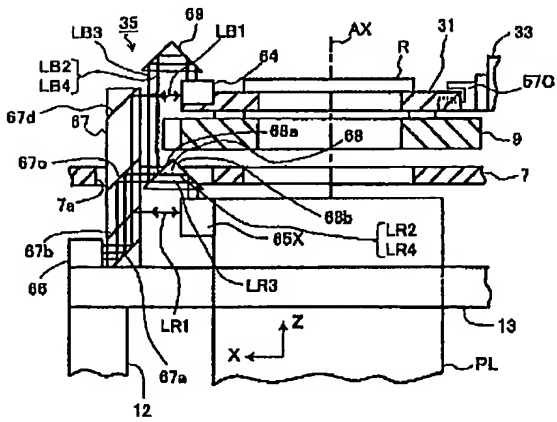


[Drawing 3]

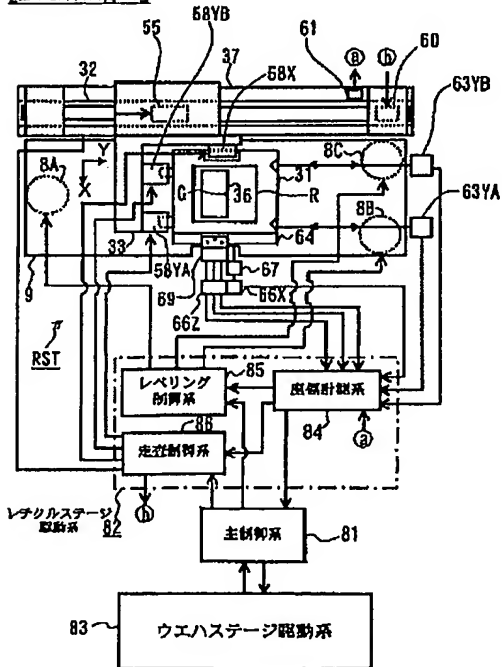
(A)



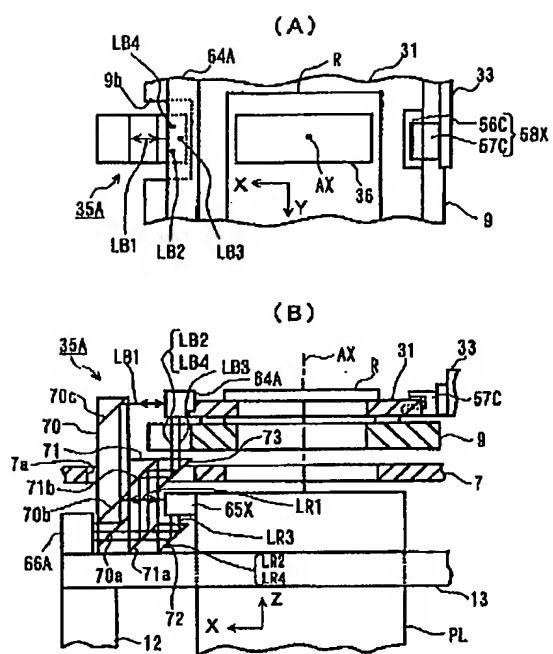
(B)



[Drawing 4]



[Drawing 5]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2003-309055  
(P2003-309055A)

(43) 公開日 平成15年10月31日 (2003. 10. 31)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		G 0 3 F 9/00	H 5 F 0 4 6
G 0 3 F 9/00		H 0 1 L 21/30	5 0 3 F
			5 1 6 B

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2002-111394(P2002-111394)

(22) 出願日 平成14年4月12日 (2002. 4. 12)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 西 健爾

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

(74) 代理人 100098165

弁理士 大森 聡

Fターム(参考) 5F046 AA23 BA03 CC01 CC02 CC18

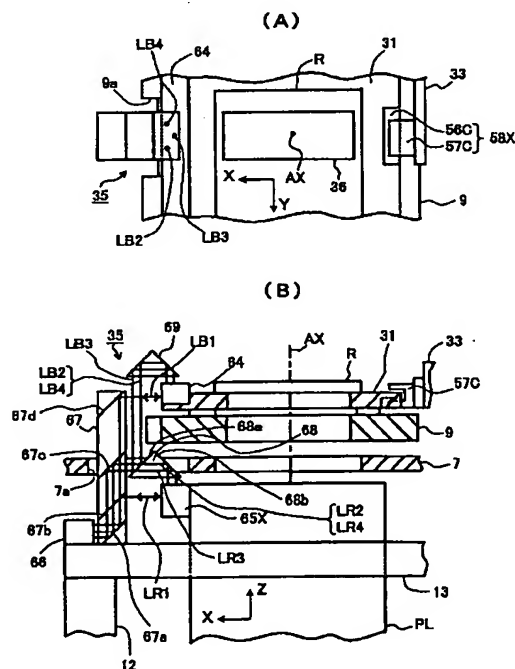
DA12 DA17 DB05 DB08 DC05

(54) 【発明の名称】 露光方法及び装置、並びにデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マスクを保持するステージ系と投影光学系との間で振動が伝わりにくく、且つマスクと投影光学系との位置関係を制御できる露光技術を提供する。

【解決手段】 レチクルRを保持して移動する微動ステージ31と投影光学系PLとを異なる能動型防振台を介して互いに独立に支持する。レチクルX-Z軸干渉計35によって、微動ステージ31に固定された移動鏡64の上面と、投影光学系PLの側面に固定された参照鏡65Xの上面との間隔の変動量を3点で計測し、この計測結果より微動ステージ31 (レチクルR) と投影光学系PLとの間隔の変動量、及び微動ステージ31の2軸の回りの傾斜角を求め、この結果に基づいて微動ステージ31の高さ及び傾斜角を制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 露光ビームで第 1 物体を照明し、前記第 1 物体及び投影系を介して第 2 物体を露光する露光方法において、  
前記第 1 物体を保持するステージを前記投影系とは独立に支持し、  
前記ステージと前記投影系との位置関係を計測し、  
該計測情報に基づいて前記第 2 物体の露光中に前記ステージと前記投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御することを特徴とする露光方法。

【請求項 2】 前記ステージと前記投影系との位置関係を計測する際に、  
前記ステージの前記投影系に対する前記投影系の光軸方向の位置、及び該光軸に垂直な平面内の直交する 2 軸の回りの傾斜角を計測することを特徴とする請求項 1 に記載の露光方法。

【請求項 3】 前記第 2 物体を露光する際に、前記第 1 物体と前記第 2 物体とを前記投影系に対して同期して走査するとともに、  
前記ステージと前記投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御する際に、前記ステージの移動に伴う偏荷重による位置関係の変動を抑制することを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光方法。

【請求項 4】 露光ビームで第 1 物体を照明し、前記第 1 物体及び投影系を介して第 2 物体を露光する露光装置において、  
前記第 1 物体を保持するステージと、  
該ステージを前記投影系とは独立に支持する能動型の防振機構と、  
前記ステージと前記投影系との位置関係を計測する計測装置と、  
該計測装置の計測情報に基づいて前記第 2 物体の露光中に前記防振機構を介して前記ステージと前記投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御する制御系とを有することを特徴とする露光装置。

【請求項 5】 前記投影系に対して所定方向に駆動される粗動ステージと、  
該粗動ステージに対して前記ステージを連動させると共に、前記粗動ステージに対する前記ステージの相対位置を調整する微動機構と、  
前記粗動ステージを駆動する際の反力を相殺するためのバランス部材とを有し、  
前記第 2 物体を露光する際に、前記第 1 物体と前記第 2 物体とを前記投影系に対して同期して走査することを特徴とする請求項 4 に記載の露光装置。

【請求項 6】 前記粗動ステージは、前記ステージ及び前記投影系とは独立に支持されることを特徴とする請求項 5 に記載の露光装置。

【請求項 7】 前記制御系は、前記防振機構を介して前記ステージと前記投影系との間隔及び傾斜角の少なくと

も一つを制御する際に、前記ステージの移動に伴う偏荷重による位置関係の変動を抑制することを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の露光装置。

【請求項 8】 前記計測装置は、  
前記ステージに保持される前記第 1 物体の走査方向に垂直な方向の位置を示す移動鏡と、  
前記投影系に設けられた参照鏡と、  
前記移動鏡と前記参照鏡との前記投影系の光軸方向の間隔を 1 つ又は複数の計測軸で計測する間隔計測用の干渉計とを有することを特徴とする請求項 4～7 の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項 9】 前記計測装置の間隔計測用の干渉計は、  
少なくとも 3 つの計測軸を有し、  
前記干渉計の計測情報に基づいて前記ステージの前記投影系に対する前記投影系の光軸方向の位置、及び該光軸に垂直な平面内の直交する 2 軸の回りの傾斜角を求めることを特徴とする請求項 8 に記載の露光装置。

【請求項 10】 前記間隔計測用の干渉計の光学系の一部が、前記投影系を支持する支持部材に支持されていることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載の露光装置。

【請求項 11】 露光ビームで第 1 物体を照明し、前記第 1 物体及び投影系を介して第 2 物体を露光する露光装置において、  
前記第 1 物体を保持する第 1 ステージと、  
前記第 2 物体を保持する第 2 ステージと、  
前記露光ビームに対して前記第 1 及び第 2 物体をそれぞれ相対移動して前記露光ビームで前記第 2 物体を走査露光するために、前記第 1 及び第 2 ステージを同期して駆動する駆動装置と、  
前記走査露光時に前記第 1 物体が移動される所定方向に沿って延びる第 1 及び第 2 基準面が前記第 1 ステージに形成され、前記第 1 基準面を用いて前記所定方向と直交する方向に関する前記第 1 ステージの位置情報を計測するとともに、前記第 2 基準面を用いて前記投影系の光軸方向に関する前記第 1 ステージと前記投影系との位置関係を計測する計測装置と、  
前記計測装置の計測情報に基づいて前記走査露光中に前記投影系の像面と前記第 2 物体との位置関係を調整する調整装置とを備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 12】 前記計測装置は、前記第 1 及び第 2 基準面にそれぞれ計測用ビームを照射する干渉計システムを有し、前記干渉計システムは、前記第 1 ステージと前記投影系との位置関係を複数の計測軸でそれぞれ計測することを特徴とする請求項 11 に記載の露光装置。

【請求項 13】 前記干渉計システムは少なくとも 3 つの計測軸を有し、前記干渉計システムの計測情報に基づいて前記第 1 ステージと前記投影系との光軸方向の相対位置と、前記投影系の光軸と垂直な平面内で直交する 2 軸の回り傾斜角とを求めることを特徴とする請求項 12 に記載の露光装置。

【請求項 1 4】 前記干渉計システムは少なくとも前記第 2 基準面に照射される計測用ビームが通る光学系が、前記投影系を支持する支持部材に設けられることを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の露光装置。

【請求項 1 5】 前記第 1 ステージは、前記所定方向に駆動される粗動ステージと、前記第 1 物体が載置され、前記粗動ステージに対して相対移動する微動ステージとを含み、前記粗動ステージと前記微動ステージとは互いに独立に支持されることを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 6】 前記粗動ステージは、前記投影系に対する振動の伝播が阻止されるように前記投影系とは独立に支持されることを特徴とする請求項 1 5 に記載の露光装置。

【請求項 1 7】 前記調整装置は、前記微動ステージを支持する能動型の防振機構を含み、前記計測情報に基づいて前記走査露光中に前記防振機構を介して前記微動ステージと前記投影系との位置関係を制御することを特徴とする請求項 1 1 ～ 1 6 のいずれか一項に記載の露光装置。

【請求項 1 8】 請求項 4 ～ 1 7 の何れか一項に記載の露光装置を用いてデバイスパターンをワークピース上に転写する工程を含むデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば半導体素子、液晶表示素子、プラズマディスプレイ素子又は薄膜磁気ヘッド等のデバイスを製造するためのリソグラフィ工程でマスクパターンを基板上に転写する際に使用される露光方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体素子等を製造する際に使用される一括露光型（ステッパー型）、又は走査露光型（ステップ・アンド・スキャン方式等）で縮小投影型の露光装置には高い露光精度と共に高いスループットが要求されている。そのため、露光装置において、マスクとしてのレチクルを保持して位置決め又は走査を行うレチクルステージ系、及び基板としてのウエハを保持して 2 次元移動するウエハステージ系には、それぞれ高精度な位置決め及び高速移動を行うことができるような機構が採用されている。例えば走査露光型の露光装置においては、ステージ系の可動部の移動に伴う振動の影響を軽減するために、その可動部が移動する際の反力を相殺するように固定部を逆方向に移動するカウンターバランス方式の駆動機構や、その可動部が移動する際の反力を露光装置が設置されている床に逃がす方式の駆動機構などが開発されている。

【0003】このようにカウンターバランス方式や反力を床に逃がす方式の駆動機構を用いても、僅かに反力が残存する恐れがある。また、例えば半導体製造工場内で

同じ階に設置されている他の製造装置や階下の機械室に設置されている空調装置などからの振動の影響が露光装置本体に及ぶ恐れもある。そこで、外部からの振動を減衰させると共に、ステージ系で発生する振動が外部に伝わらないように、従来の露光装置は床面上に全体として防振台を介して設置されていた。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の如く露光装置を全体として防振台を介して床面に設置する場合には、露光装置とその他の装置との間の振動の伝達を防止することができる。しかしながら、特に走査露光型の露光装置においては、互いに同期して駆動されるレチクルステージ系とウエハステージ系との間に残存している振動が相互に伝わると、ステージ系の同期誤差が許容範囲を超える恐れがある。また、レチクルステージ系やウエハステージ系で残存している振動が投影光学系に伝わると、投影像の解像度や重ね合わせ精度が低下する恐れもある。

【0005】特に縮小投影方式の露光装置においては、ウエハステージ系に比べてレチクルステージ系の方が走査露光時の走査速度が速く移動距離が長くなるため、レチクルステージ系からの残存する振動を投影光学系にできるだけ伝えないようにすることが望ましい。また、今後は露光光として Ar F エキシマレーザよりも更に短波長の F<sub>2</sub> レーザ（波長 157 nm）などの使用も検討されているが、このような真空紫外光（VUV 光）を用いる場合には、露光光の光路に有機系ガスなどの不純物を高度に取り除いたヘリウムガスなどのバージスを供給する必要がある。この結果、レチクルステージ系を囲む気密室に連結される配管やケーブルなどが増加して、制御系からの振動等がレチクルステージ系を介して投影光学系に伝わり易くなる。従って、レチクルステージ系と投影光学系との間で振動が伝わりにくい機構の開発が望まれている。

【0006】また、レチクルステージ系のレチクルを保持して移動する可動部を例えばエアベアリングを介してベース部材上に支持する場合に、レチクルステージ系では走査速度が速く移動距離が長いために、偏荷重等によって走査露光中にその可動部の高さ（気体層の厚さ）が僅かに変化する恐れもある。このように可動部の高さが変化すると、レチクルと投影光学系との間隔が変化して、投影像にデフォーカスが生じて、解像度が低下することになる。これに関して、レチクルステージ系と投影光学系との間で振動が伝わりにくい機構を開発するに際しても、レチクルと投影光学系との間隔の変化による投影像の劣化を防止する機構を備えることが望ましい。

【0007】本発明は斯かる点に鑑み、マスクを保持するステージ系と投影光学系との間で振動が伝わりにくい露光技術を提供することを第 1 の目的とする。また、本発明は、投影光学系の像面と被露光基板との位置関係を所定の状態に制御できる露光技術を提供することを第 2

の目的とする。更に、本発明は、走査露光型の露光装置に適用した場合に、マスクを保持して移動する可動部の位置が変化した場合にも、投影光学系の像面と被露光基板との位置関係を所定の状態に制御できる露光技術を提供することを第3の目的とする。

【0008】更に、本発明は、走査露光型の露光装置に適用した場合に、マスクを保持して移動する可動部の位置が変化しても、投影光学系によって基板上に投影されるパターン像の結像状態を良好に維持できる露光技術を提供することを第4の目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明による第1の露光方法は、露光ビームで第1物体(R)を照明し、その第1物体及び投影系(PL)を介して第2物体(W1, W2)を露光する露光方法において、その第1物体を保持するステージ(31)をその投影系とは独立に支持し、そのステージとその投影系との位置関係を計測し、この計測情報に基づいてその第2物体の露光中にそのステージとその投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御するものである。

【0010】斯かる本発明によれば、その第1物体を保持するステージとその投影系とが互いに独立に支持される。即ち、例えばそのステージとその投影系とは所定の支持機構に対して互いに異なる防振装置を介して支持されるため、その第1物体がマスクである場合、そのマスクを駆動する際にそのステージで発生する振動がその投影系に伝わりにくくなる。このようにそのステージとその投影系とを互いに独立に支持すると、そのステージ(第1物体)とその投影系との位置関係が変化し易くなる。そこで、本発明では、そのステージとその投影系との位置関係を計測し、この計測結果に基づいて一例としてそのステージとその投影系との位置関係を所定の状態に維持する。これによって、その投影系の像面にその第2物体の露光面を合焦できるため、その第2物体上に転写される投影像の結像特性(解像度等)を常に高く維持できる。

【0011】本発明において、そのステージとその投影系との位置関係を計測する際に、そのステージのその投影系に対するその投影系の光軸方向の位置、及びこの光軸に垂直な平面内の直交する2軸の回りの傾斜角(3自由度の相対変位)を計測することが望ましい。そのステージとその投影系との位置関係の自由度は6であり、そのステージは露光中に一例としてその投影系の光軸に垂直な面内で位置決め、又は走査のための2次元的な移動及び回転(3自由度の相対変位)を行うため、残りの3自由度の相対変位の計測を行うことで、そのステージとその投影系との位置関係を補正するための完全な情報を得ることができる。

【0012】この場合、その計測情報に基づいてそのステージとその投影系との間隔及び傾斜角が所定の状態に

維持されるように制御することが望ましい。これによって、投影像の結像特性を最良の状態に維持できる。また、本発明による第2の露光方法は、その第1の露光方法において、その第2物体を露光する際に、その第1物体とその第2物体とをその投影系に対して同期して走査するとともに、そのステージとその投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御する際に、そのステージの移動に伴う偏荷重による位置関係の変動を抑制するものである。

【0013】これは本発明を走査露光方式で露光を行う場合に適用したものである。本発明によれば、そのステージとその投影系とは互いに独立に支持されているため、走査露光時にそのステージが移動して、そのステージの支持機構(防振装置等)に対する重心位置の変化、即ち偏荷重が生じると、そのステージ(第1物体)とその投影系との位置関係が変化する恐れがある。そこで、そのステージとその投影系との位置関係の計測情報に基づいて、例えばその位置関係を所定の状態に戻すことによって、常に良好な結像特性で走査露光を行うことができる。

【0014】次に、本発明による第1の露光装置は、露光ビームで第1物体(R)を照明し、その第1物体及び投影系(PL)を介して第2物体(W1, W2)を露光する露光装置において、その第1物体を保持するステージ(31)と、このステージをその投影系とは独立に支持する能動型の防振機構(8)と、そのステージとその投影系との位置関係を計測する計測装置(64, 65 X, 35, 66)と、この計測装置の計測情報に基づいてその第2物体の露光中にその防振機構を介してそのステージとその投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御する制御系(85)とを有するものである。

【0015】斯かる本発明によれば、その計測装置の計測情報に基づいて、例えばそのステージとその投影系との位置関係が所定の状態に維持されるようにその防振機構を制御することで、本発明の露光方法を使用できる。従って、そのステージとその投影系との間で振動が伝わりにくく、且つ常に良好な結像特性が得られる。また、本発明の第2の露光装置は、その第1の露光装置において、その投影系に対して所定方向に駆動される粗動ステージ(33)と、この粗動ステージに対してそのステージを連動させると共に、その粗動ステージに対するそのステージの相対位置を調整する微動機構(58 X, 58 Y A, 58 Y B)と、その粗動ステージを駆動する際の反力を相殺するためのバランス部材(32)とを有し、その第2物体を露光する際に、その第1物体とその第2物体とをその投影系に対して同期して走査するものである。

【0016】これは本発明を走査露光型の露光装置に適用したものである。本発明によれば、その粗動ステージによって例えば実質的に非接触でそのステージを一定速



度で走査することができる。また、そのバランス部材によってその粗動ステージを駆動する際の振動が抑制される。この場合、その粗動ステージは、そのステージ及びその投影系とは独立に支持されることが望ましい。これによって、その粗動ステージを駆動する際に残存する振動がそのステージ（第1物体）及び投影系に伝わりにくくなるため、更に高い結像特性が得られる。

【0017】また、その制御系は、その防振機構を介してそのステージとその投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御する際に、そのステージの移動に伴う偏荷重による位置関係の変動を抑制することが望ましい。これによって、走査露光時にそのステージが移動しても、結像特性が高く維持される。また、その計測装置は、一例として、そのステージ（31）に保持されるその第1物体の走査方向に垂直な方向（非走査方向）の位置を示す移動鏡（64）と、その投影系に設けられた参照鏡（65X）と、その移動鏡とその参照鏡とのその投影系の光軸方向（Z方向）の間隔を1つ又は複数の計測軸で計測する間隔計測用の干渉計（35、66）とを有するものである。

【0018】この場合、その移動鏡（64）は、その非走査方向の位置計測用の干渉計と、その間隔計測用の干渉計とで兼用できるため、そのステージ（31）に別途計測機構を設けることなく、その間隔を計測することができる。また、その計測装置の間隔計測用の干渉計は、少なくとも3つの計測軸を有することが望ましい。これによって、その干渉計をあまり大型化することなく、その干渉計の計測情報に基づいて、そのステージのその投影系に対するその投影系の光軸方向の位置、及びこの光軸に垂直な平面内の直交する2軸の回りの傾斜角（3自由度の相対変位）を求めることができる。

【0019】また、その間隔計測用の干渉計の光学系の一部（67、66）が、その投影系を支持する支持部材（11、12、13）に支持されることが望ましい。これによって、その第1物体用のステージ系側の構成を簡素化することができる。次に、本発明による第3の露光装置は、露光ビームで第1物体（R）を照明し、その第1物体及び投影系（PL）を介して第2物体（W1、W2）を露光する露光装置において、その第1物体を保持する第1ステージ（31）と、その第2物体を保持する第2ステージ（43A、43B）と、その露光ビームに対してその第1及び第2物体をそれぞれ相対移動してその露光ビームでその第2物体を走査露光するために、その第1及び第2ステージを同期して駆動する駆動装置（82、83）と、その走査露光時にその第1物体が移動される所定方向に沿って延びる第1及び第2基準面（64）がその第1ステージに形成され、その第1基準面を用いてその所定方向と直交する方向に関するその第1ステージの位置情報を計測するとともに、その第2基準面を用いてその投影系の光軸方向に関するその第1ス

テージとその投影系との位置関係を計測する計測装置（35、66）と、その計測装置の計測情報に基づいてその走査露光中にその投影系の像面とその第2物体との位置関係を調整する調整装置（8A～8C；43A、43B）とを備えるものである。

【0020】斯かる本発明によれば、その計測装置の計測情報に基づいて、例えばその投影系の像面にその第2物体の露光面が合焦されるようにその調整装置を制御することで、その第1ステージとその投影系との位置関係が変化したような場合でも、その投影系の像面にその第2物体の露光面を合焦できる。従って、その第2物体上で常に良好な結像特性が得られる。

【0021】この場合、その計測装置は、一例としてその第1及び第2基準面にそれぞれ計測用ビームを照射する干渉計システムを有し、その干渉計システムは、その第1ステージとその投影系との位置関係を複数の計測軸でそれぞれ計測する。その干渉計システムによって、その第1ステージの構造を複雑化することなく、その第1ステージとその投影系との位置関係を高精度に計測できる。

【0022】また、その干渉計システムは少なくとも3つの計測軸を有し、その干渉計システムの計測情報に基づいてその第1ステージとその投影系との光軸方向の相対位置と、その投影系の光軸と垂直な平面内で直交する2軸の回り傾斜角とを求めることが望ましい。これによって良好な結像特性を保つために必要な全ての位置関係を計測できることになる。

【0023】また、その干渉計システムは少なくともその第2基準面に照射される計測用ビームが通る光学系が、その投影系を支持する支持部材（13）に設けられることが望ましい。これによって、その投影系とその第1ステージとの位置関係を高精度に計測できる。また、一例として、その第1ステージは、その所定方向に駆動される粗動ステージ（33）と、その第1物体が載置され、その粗動ステージに対して相対移動する微動ステージ（31）とを含み、その粗動ステージとその微動ステージとは互いに独立に支持される。この構成によって、その粗動ステージの振動がその微動ステージに伝わりにくくなり、走査露光時にその粗動ステージを高速駆動しても振動の影響が抑制される。

【0024】また、その粗動ステージは、その投影系に対する振動の伝播が阻止されるようにその投影系とは独立に支持されることが望ましい。これによって、その粗動ステージを高速駆動してもその投影系への振動の影響が抑制される。また、その調整装置は、その微動ステージを支持する能動型の防振機構（8A～8C）を含み、その計測情報に基づいてその走査露光中にその防振機構を介してその微動ステージとその投影系との位置関係を制御することが望ましい。これによって、その微動ステージとその投影系との位置関係が比較的大きく変化する

場合でも、その投影系の像面にその第2物体の露光面を高精度に合焦できる。

【0025】また、その調整装置は、その第2ステージ（43A、43B）に組み込まれてその第2物体のフォーカシング及びレベリングを行う合焦機構であってもよい。これによって、その調整装置を簡素化できる。次に、本発明のデバイス製造方法は、上記の本発明の何れかの露光装置を用いて、デバイスパターン（R）をワークピース（W1、W2）上に転写する工程を含むものである。本発明によって投影系が安定に保持されると共に、結像特性が高く維持されるため、重ね合わせ精度及びパターン忠実度（線幅精度等）等に優れた高機能のデバイスを製造できる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態の一例につき図面を参照して説明する。本例はステップ・アンド・スキャン方式よりなる走査露光方式の投影露光装置で露光を行う場合に本発明を適用したものである。図1は、本例の投影露光装置を示し、この図1において、一例として本例の投影露光装置は半導体デバイス製造工場の床1上のクリーンルーム内に設置されている。まず、その投影露光装置の露光光源17として、本例では実質的に真空紫外光（VUV光）である波長193nmのパルス光を生成するArFエキシマレーザ光源が使用されている。なお、本発明は、露光ビームとして、真空紫外域でも更に短波長のF<sub>2</sub>レーザ（波長157nm）を使用する場合にも好適である。更に、露光ビームとして、Kr<sub>2</sub>レーザ（波長146nm）やAr<sub>2</sub>レーザ（波長126nm）のようなより短波長の真空紫外光、又はYAGレーザや半導体レーザの高調波発生装置や半導体レーザの高調波発生装置等からの光も使用できる。

【0027】露光時に露光光源17から射出された露光ビームとしての露光光ILは、ビームマッチングユニット（BMU）18を介して第1サブチャンバ19内の第1照明系IL1に入射する。第1照明系IL1は、ビーム整形光学系、ズーム光学系などを含む光学ユニット、照度分布均一化用のオプティカル・インテグレータ（ユニフォマイザ、又はホモジナイザ）、光量モニタ、可変開口絞り、及びリレーレンズ系等より構成されている。第1照明系IL1の射出面は、被照明体（第1物体）となるマスクとしてのレチクルのパターン面（レチクル面）とほぼ共役であり、この射出面に可動視野絞り20が配置されている。

【0028】なお、前述の光学ユニットは第1照明系IL1内でオプティカル・インテグレータよりも光源側に配置されるとともに、ズーム光学系の他に例えば第1照明系IL1の光軸に沿って可動な少なくとも1つのプリズム（円錐プリズム又は多面体プリズムなど）、及び第1照明系IL1内に交換可能に配置される複数の回折光学素子を含むものである。この場合、その光学ユニット

は、そのオプティカル・インテグレータがフライアイレンズであるときはその入射面上での露光光ILの強度分布を可変とし、そのオプティカル・インテグレータが内面反射型インテグレータ（ロッドインテグレータなど）であるときはその入射面に対する露光光ILの入射角度範囲を可変とする。これにより、レチクルRの照明条件、即ち第1及び第2照明系IL1、IL2の瞳面上での露光光ILの光量分布（2次光源の大きさや形状）を任意に変更できるとともに、照明条件の変更に伴う光量損失を抑えることが可能となっている。

【0029】可動視野絞り20は、被露光体（第2物体）となる基板としてのウエハの各ショット領域への走査露光の開始時及び終了時に、本来の回路パターン以外のパターンが露光されないように視野を開閉する役割を果たす。更に、可動視野絞り20は、走査露光に先立ち、転写対象の回路パターンの非走査方向に関する大きさに応じて、その視野の非走査方向の幅を変更できるようにも構成されている。このように視野の開閉時に振動を発生する恐れのある可動視野絞り20が配置された第1照明系IL1は、露光本体部とは別体として支持されているため、露光本体部での露光精度（重ね合わせ精度、転写忠実度等）が向上する。

【0030】可動視野絞り20を通過した露光光ILは、所定のコラム（詳細後述）に取り付けられた第2サブチャンバ15内の第2照明系IL2に入射する。第2照明系IL2は、リレーレンズ系、光路折り曲げ用のミラー、コンデンサレンズ系、及び固定視野絞り21を含み、この固定視野絞り21のみは、第2サブチャンバ15の外部に設置されている。第2照明系IL2を通過した露光光ILは、マスクとしてのレチクルRのパターン面（レチクル面）の照明領域を照明する。本例の固定視野絞り21は、レチクルRのアライメントを行うためのレチクルアライメント顕微鏡（不図示）が配置されているレチクルアライメント部23に固定されている。即ち、固定視野絞り21は、レチクルRに近接した上面、即ちレチクル面から所定量だけデフォーカスした面に配置されている。固定視野絞り21には、レチクル面での照明領域を走査方向に直交する非走査方向に細長いスリット状の領域に規定するための開口が形成されている。なお、固定視野絞り21を、レチクル面との共役面の近傍、例えば可動視野絞り20の設置面の近傍に配置してもよい。

【0031】露光光ILのもとで、レチクルRの照明領域内のパターンの像は、投影系としての投影光学系PLを介して投影倍率 $\beta$ （ $\beta$ は、1/4倍又は1/5倍等）で、感光基板（被露光基板）としてのフォトリソグが塗布されたウエハW1（又はW2）上のスリット状の露光領域に投影される。この状態でレチクルR及びウエハW1を投影倍率 $\beta$ を速度比として所定の走査方向に同期移動することで、ウエハW1上の一つのショット領域に

レチクルRのパターン像が転写される。レチクルR及びウエハW1、W2がそれぞれ本発明の第1物体及び第2物体に対応しており、ウエハW1、W2は例えば半導体（シリコン等）又はSOI(silicon oninsulator)等の円板状の基板である。

【0032】投影光学系PLとしては、例えば国際公開公報(WO) 00/39623に開示されているように、1本の光軸に沿って複数の屈折レンズと、それぞれ光軸の近傍に開口を有する2つの凹面鏡とを配置して構成される直筒型の反射屈折系や、1本の光軸に沿って屈折レンズを配置して構成される直筒型の屈折系等を使用することができる。更に、投影光学系PLとしてV字型に折れ曲がった光軸を有する反射屈折系や、双筒型の反射屈折系等を使用してもよい。以下、投影光学系PLの光軸AXに平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な平面（本例ではほぼ水平面に合致している）内で走査露光時のレチクルR及びウエハW1、W2の走査方向に直交する非走査方向（即ち、図1の紙面に垂直な方向）に沿ってX軸を取り、その走査方向（即ち、図1の紙面に平行な方向）に沿ってY軸を取って説明する。

【0033】先ず、本例のレチクルRを支持するレチクルステージ系、投影光学系PL、及びウエハW1、W2を支持するウエハステージ系を含む露光本体部の全体の構成につき説明する。即ち、床1上にほぼ長方形の平板状のフレームキャスタ2が設置され、フレームキャスタ2の周辺部のほぼ正三角形の頂点に対応する3箇所にそれぞれ円柱状の本体支持部3が設置され、3本の本体支持部3の上面に能動型防振台4を介して輪帯状の本体ベース5が載置され、本体ベース5上に3本のコラム6を介して平板状のレチクルステージ支持台7が設置されている。本体ベース5上には電気式の水準器、又は光学式の傾斜角検出器等の変位センサ（不図示）が設置されている。3個の能動型防振台4はそれぞれエアードンパ又は油圧式のダンパ等の大重量に耐える機械式のダンパと、ボイスコイルモータ等の電磁式のアクチュエータよりなる電磁式のダンパとを含み、一例としてその変位センサで検出される本体ベース5の水平面に対する傾斜角が許容範囲内に収まるように、3個の能動型防振台4中の電磁式のダンパが駆動され、必要に応じて機械式のダンパの空気圧又は油圧等が制御される。この場合、機械的なダンパによって、床からの高い周波数の振動は露光本体部に伝わる前に減衰され、残存している低い周波数の振動は電磁的なダンパによって減衰される。

【0034】レチクルステージ支持台7の上面にレチクルの走査方向に細長い2等辺三角形の頂点にほぼ位置する3個の能動型防振台8を介して、平板状の支持部材としての微動ステージ支持台9が載置され、レチクルステージ支持台7及び微動ステージ支持台9の中央部にはそれぞれ露光光ILを通過させるための開口が形成されている。能動型防振台8は、能動型防振台4と同じ構成で

あり（但し、耐加重性は能動型防振台4よりも低く設定されている）、3個の能動型防振台8は、後述のようにレチクルRと投影光学系PLとの間隔及び傾斜角が所定の状態を維持するように制御される。微動ステージ支持台9の上面は平面度の極めて良好なガイド面に加工作れ、このガイド面に本発明のステージ（可動ステージ）としての微動ステージ31が、エアベアリングを介して円滑に2次的に摺動自在に載置され、微動ステージ31上にレチクルRが真空吸着等によって保持されている。微動ステージ31の中央部にも露光光ILを通過させるための開口が形成されている。

【0035】更に、レチクルステージ支持台7の端部にレチクルアライメント部23が固定され、上述のようにレチクルアライメント部23にレチクルアライメント顕微鏡（不図示）、及び固定視野絞り21が取り付けられている。また、レチクルステージ支持台7上に微動ステージ支持台9と平行にY軸に沿ってレチクルY軸ガイド部材32が配置され、レチクルY軸ガイド部材32に対してY方向にリニアモータによってカウンターバランス方式で駆動されるように粗動ステージ33が配置され、粗動ステージ33と微動ステージ31とが3個の非接触方式のアクチュエータ（詳細後述）を介して連結されている。微動ステージ31は、粗動ステージ33に連動して±Y方向に一定速度で駆動されると共に、そのアクチュエータによって必要に応じて粗動ステージ33に対してX方向、Y方向、及び回転方向に微小量駆動される。微動ステージ31の2次的な位置及び回転角は、レチクルY軸干渉計34、及びレチクルX-Z軸干渉計（図3参照）によって投影光学系PLを基準として計測され、この計測情報に基づいて粗動ステージ33、及び微動ステージ31の位置及び速度が制御される。

【0036】本例では、微動ステージ支持台9、微動ステージ31、レチクルY軸ガイド部材32、粗動ステージ33、及びこれらの駆動機構等からレチクルステージ系RSTが構成されている。このレチクルステージ系RSTは、気密室としてのレチクル室（不図示）によって覆われている。本例のレチクルステージ系RSTはシングルホルダ方式であるが、そのレチクルステージ系RSTを1台の可動ステージ（微動ステージ31）で2枚のレチクルを保持するダブルホルダ方式としてもよく、2枚のレチクルを互いに独立の可動ステージ上に載置するダブル・レチクルステージ方式としてもよい。

【0037】また、床1上にフレームキャスタ2に隣接するようにインタフェース・コラム16が設置され、インタフェース・コラム16内の上部及び下部にそれぞれレチクルローダ系RL及びウエハローダ系WLが設置されている。レチクルステージ支持台7上にはレチクルを回転角を調整しながら一時的に保持するレチクル回転受け渡し部22も設置されており、転写対象のレチクルは、レチクル回転受け渡し部22を介してレチクルロー

ダ系RLと微動ステージ31との間で受け渡される。

【0038】次に、本体ベース5の上面で3本のコラム6の内側のほぼ正三角形の頂点の位置に3個の能動型防振台10が設置され、この3個の能動型防振台10上に円筒状の投影系保持部11がフランジ部を介して載置され、投影系保持部11の中央に投影光学系PLが保持されている。能動型防振台10は、能動型防振台4と同じ構成であり（但し、耐加重性は能動型防振台4よりも低く設定されている）、投影系保持部11の上面に電気式の水準器、又は光学式の傾斜角検出器等の変位センサ

（不図示）が設置されている。一例としてその変位センサで検出されるその投影系保持部11の上面の水平面に対する傾斜角（2軸の回り、即ちX軸及びY軸の回りの傾斜角）が許容範囲内に収まるように、3個の能動型防振台10の動作が制御される。

【0039】また、投影系保持部11上に4本のコラム12を介して平板状の照明系支持台13が設置され、照明系支持台13の中央の開口に投影光学系PLの先端部が挿通されている。照明系支持台13上の第1サブチャンパ19に近い端部に円柱状の照明系支持コラム14を介して第2サブチャンパ15（第2照明系IL2が収納されている）が支持されている。この場合、照明系支持台13及び投影光学系PLの先端部は、レチクルステージ支持台7の底面に設けられた凹部7b内に収納され、照明系支持コラム14は、レチクルステージ支持台7に設けられた開口7cに挿通されている。また、照明系支持台13上の投影光学系PLの光軸AXに関してほぼ照明系支持コラム14と対称な位置にレチクルY軸干渉計34が設置され、レチクルY軸干渉計34はレチクルステージ支持台7に設けられた開口7dを通して微動ステージ31の側面に達しており、レチクルY軸干渉計34によって投影光学系PLのY方向の側面の参照鏡（不図示）を基準として、微動ステージ31（レチクルR）のY方向（走査方向）の位置、Z軸の回りの回転角（ヨーイング量）、及びX軸の回りの回転角（ピッチング量）が計測される。

【0040】また、図1では不図示であるが、照明系支持台13上には、微動ステージ31のX方向の位置、Y軸の回りの回転角（ローリング量）、投影光学系PLと微動ステージ31とのZ方向の間隔、及び投影光学系PLの光軸AXに垂直な平面に対する微動ステージ31のX軸、Y軸の回りの傾斜角を計測するためのレチクルX-Z軸干渉計（詳細後述）も設けられている。

【0041】上述のように本例では、共通の能動型防振台10の上に投影光学系PL及び第2照明系IL2が支持されている。従って、レチクルを照明する露光光と投影光学系PLとの相対的な関係が常に一定の状態に維持されるため、投影光学系PLの結像特性が安定に維持される。次に、本例では投影系保持部11の底面に投影光学系PLをY方向に挟むようにオフ・アクシス方式でF

IA（Field Image Alignment）方式よりなる結像方式の1対のアライメントセンサ46A及び46Bが固定されている。また、投影系保持部11の底面には、露光対象のウエハの表面の投影光学系PLの像面に対するデフォーカス量、及び傾斜角を計測するための投射光学系47A及び受光光学系47Bよりなる斜入射方式のオートフォーカスセンサも設置されている。

【0042】次に、本例のウエハステージ系WSTにつき詳細に説明する。まず、本体支持部3の内側の本体ベース5の底面に、投影系保持部11をY方向に挟むように配置された2箇所のウエハステージ吊り下げ部41を介して、定盤（ベース部材）としてのウエハベース42が吊り下げられて支持されている。ウエハベース42の上面は平面度の極めて良好なガイド面に加工作され、このガイド面に2つのウエハステージ43A及び43Bがエアベアリングを介して円滑に、X方向及びY方向に摺動自在に載置され、ウエハステージ43A及び43B上にそれぞれウエハホルダ（不図示）を介して被露光基板としてのウエハW1及びW2が真空吸着等によって保持されている。

【0043】ウエハステージ43A、43Bは、それぞれ例えば不図示のリニアモータ方式の駆動機構を介してY方向に連続移動すると共に、X方向及びY方向にステップ移動する。この場合、フレームキャスタ2上の緩衝部44内にY方向に移動自在にカウンターバランス（不図示）が内蔵され、このカウンターバランスにウエハステージ43A、43Bがリンク機構を介して連結されている。緩衝部44によってウエハステージ43A、43BをY方向に駆動する際の反力がほぼ相殺されて、振動の発生が抑制される。更に、ウエハステージ43A、43Bの内部にはそれぞれウエハW1、W2をX方向、Y方向、及びZ軸の回りの回転方向の3自由度で微小駆動すると共に、レベリング及びフォーカシングを行うためにウエハW1をZ方向の変位、及び2軸の回り（即ち、X軸及びY軸の回り）の傾斜角の3自由度で駆動するための試料台が組み込まれている。

【0044】本例では、ウエハベース42、ウエハステージ43A、43B、及びこれらの駆動機構よりダブル・ウエハステージ方式（又はツインステージ方式）のウエハステージ系WSTが構成されている。この構成では、例えば第1のウエハステージ43A側でウエハW1に対する走査露光中に、第2のウエハステージ43B側でウエハW2の交換及びアライメントを行うことができるため、高いスループットが得られる。

【0045】また、投影系保持部11のY方向に対向する下部側面に1対のウエハY軸干渉計45A及び45Bが設置され、投影系保持部11のX方向の下部側面に投影光学系PL及びアライメントセンサ46A、46Bに対応するように3組のウエハX軸干渉計（不図示）が設置されている。これらの干渉計の計測情報より、ウエハ

ステージ43A, 43BのそれぞれのX方向及びY方向の位置、並びにZ軸の回りの回転角（ヨーイング量）、X軸の回りの回転角（ピッチング量）、及びY軸の回りの回転角（ローリング量）が求められる。また、露光中のウエハW1, W2のフォーカス位置（投影光学系PLの光軸方向の位置）及び傾斜角は上述のオートフォーカスセンサ（47A, 47B）によって計測されており、これらの干渉計及びオートフォーカスセンサの計測情報が図4のウエハステージ駆動系83及び装置全体の動作を統轄制御する主制御系81に供給されており、ウエハステージ駆動系83は、その計測情報及び主制御系81からの制御情報に基づいてウエハステージ43A, 43Bの位置、速度、及びウエハW1, W2のフォーカス位置や傾斜角等を制御する。

【0046】また、インタフェース・コラム16内のウエハロード系WLとウエハステージ43A, 43Bとの間でウエハの受け渡しを行うウエハ搬送機構（不図示）、及びウエハのブリアライメントを行う機構（不図示）も設けられている。また、本例のように露光ビーム（露光光）として真空紫外光を使用する場合、真空紫外光は、通常の大気中に存在する酸素、水蒸気、炭化水素系ガス（二酸化炭素等）、有機物、及びハロゲン化合物等の不純物によって大きく吸収されるため、露光ビームの減衰を防止するために、露光ビームの光路には露光ビームが透過する気体、即ち窒素（ $N_2$ ）ガス、又はヘリウム（He）、ネオン（Ne）等の希ガス等で不純物が高度に除去された気体（パージガス）を供給する必要がある。そこで、本例においても、レチクルステージ系RSTは気密室としてのレチクル室（不図示）内に収納され、ウエハステージ系WSTも気密室としてのウエハ室（不図示）内に収納され、投影光学系PLは気密化され、第2サブチャンバ15（第2照明系IL2）とレチクル室との間の空間、レチクル室と投影光学系PLとの間の空間、及び投影光学系PLとウエハ室との間の空間はそれぞれ可撓性を有し、ガスバリア性に優れた被覆部材（不図示）によって覆われている。そして、サブチャンバ19, 15の内部、レチクル室及びウエハ室の内部、並びに投影光学系PLの内部にはそれぞれ不図示のパージガス供給機構から上記のパージガスが供給されている。

【0047】なお、露光光ILとしてArFエキシマレーザ光（波長193nm）を使用する場合は、例えば露光光源17とレチクルRとの間に配置される光学系（BMU18、第1及び第2照明系IL1, IL2を含む）、及び投影光学系PLのみにパージガスを供給するだけでもよい。但し、露光光ILとして波長が180nm程度以下の真空紫外光を使用するときは、上記の如く第2照明系IL2と投影光学系PLとの間の空間、及び投影光学系PLとウエハとの間の空間にもそれぞれパージガスを供給することが好ましい。

【0048】次に、本例のレチクルステージ系RSTの構成につき図2～図4を参照して詳細に説明する。図2（A）は、図1のレチクルステージ系RSTを示す平面図、図2（B）は、図2（A）の一部の部材を切り欠いた正面図であり、図3は図2の要部を示す図であり、図4はレチクルステージ系RSTの制御系を示している。図2（A）、（B）に示すように、レチクルステージ支持台7上に3個の能動型防振台8A, 8B, 8C（全体として図1の能動型防振台8に対応する）を介して微動ステージ支持台9が設置され、微動ステージ支持台9上のガイド面にエアパッド51を介してX方向（非走査方向）、Y方向（走査方向）、及び回転方向に円滑に変位自在にレチクルRを保持する微動ステージ31が載置されている。微動ステージ31は、エアパッド51の空気（又はパージガスと同じ気体）噴き出し力と真空予圧力とのバランスにより例えば数 $\mu m$ の間隔を保った状態で、そのガイド面上に浮上支持されている。上述のように、能動型防振台8A～8Cはそれぞれエアダンパ又は油圧式のダンパ等の大重量に耐える機械式のダンパと、ボイスコイルモータ等の電磁式のアクチュエータよりなる電磁式のダンパとを含んでいる。図4のレベリング制御系85によって、3個の能動型防振台8A～8C中の電磁式のダンパの推力を互いに独立に制御することによって、レチクルRと投影光学系PLとの間隔（光軸AX方向の間隔）、並びに光軸AXに垂直な平面内の直交する2軸の回り（例えばX軸及びY軸の回り）でのレチクルRの傾斜角を制御できるように構成されている。

【0049】図2（A）、（B）において、レチクルステージ支持台7上に微動ステージ支持台9に対してY軸に沿って平行にY軸ガイド部材支持台37が配置され、Y軸ガイド部材支持台37上にY軸に沿って対向するように1対の円筒型の保持枠38A及び38Bが配置されている。この保持枠38A及び38B内にエアベアリングを介してY方向に円滑に摺動自在に、断面形状がほぼ正方形でY軸に沿ってロッド状のレチクルY軸ガイド部材32が保持されている。そして、レチクルY軸ガイド部材32上にエアベアリングを介してY方向に摺動自在に、粗動ステージ33の－X方向側の底面の凹部が載置され、粗動ステージ33の＋X方向側のL字型の部分の内面33aに対向するように微動ステージ31が配置されている。

【0050】また、粗動ステージ33の内面33aのX軸に平行な部分にX方向に所定間隔で断面形状がU字型の固定子57A, 57Bが固定され、内面33aのY軸に平行な部分に断面がU字型の固定子57C（図3

（B）参照）が固定されている。固定子57A, 57B及び57C内にそれぞれ先端部が差し込まれるように、微動ステージ31の－Y方向の側面及び－X方向の側面に可動子56A, 56B及び56Cが固定されている。可動子56A, 56B及び固定子57A, 57Bより2

つの非接触方式でボイスコイルモータ方式のY軸アクチュエータ58YA, 58YBが構成され、可動子56C及び固定子57Cより非接触方式でボイスコイルモータ方式のX軸アクチュエータ58Xが構成されている。微動機構としてのX軸アクチュエータ58X、及び2つのY軸アクチュエータ58YA, 58YBによって、走査露光中に粗動ステージ33に対してレチクルRを保持する微動ステージ31は非接触方式で相対的に静止するように連結されると共に、必要に応じてウエハとの同期誤差を補正するようにX方向、Y方向、及びZ軸の回りの回転方向に微動される。

【0051】なお、アクチュエータ58X, 58YA, 58YBとしては、ボイスコイルモータの他に、通常のリニアモータを小型化したもの、又は1対の固定子で1つの可動子を電磁力で押し引きするE Iコイル方式のアクチュエータ等を使用することができる。また、レチクルY軸ガイド部材32の上面にY軸に沿って設けられた固定子53と、これに対向するように粗動ステージ33の底面に設けられた可動子54とから、レチクルY軸ガイド部材32に対して非接触で相対的に粗動ステージ33をY方向に駆動するための粗動駆動装置としてのY軸リニアモータ55が構成されている。Y軸リニアモータ55及び3個のアクチュエータ58X, 58YA, 58YBの動作は図4の走査制御系86によって制御されている。本例のレチクルY軸ガイド部材32は保持枠38A及び38Bに対してY方向に移動自在であるため、レチクルY軸ガイド部材32に対して粗動ステージ33（微動ステージ31が連結されている）を+Y方向（又は-Y方向）に駆動する際には、その駆動の反力を相殺するようにカウンターバランス（バランス部材）としてのレチクルY軸ガイド部材32が逆方向である-Y方向（又は+Y方向）に移動する。これによって、粗動ステージ33を介して微動ステージ31を走査方向に駆動する際に、振動の発生が抑制されるため、露光精度（転写されるパターンの解像度、重ね合わせ精度等）が高く維持される。

【0052】また、本例では粗動ステージ33はレチクルY軸ガイド部材32に沿って移動し、微動ステージ支持台9上には微動ステージ31のみが載置されているため、微動ステージ支持台9にかかる負荷を小さくすることができる。従って、走査露光時の微動ステージ支持台9上での負荷分布の変動量を小さくできるため、この観点からも振動の発生を抑制することができる。

【0053】本例のレチクルY軸ガイド部材32はY方向に移動自在であるため、走査露光中に次第に中心位置が+Y方向又は-Y方向に偏る恐れがある。これを防止するため、図4に示すように、レチクルY軸ガイド部材32の側面に設けられたスケール（不図示）を読み取るための相対位置センサとしての光電式、磁気式、又は静電容量式等のリニアエンコーダ61がY軸ガイド部材支

持台37に設けられている。そして、レチクルY軸ガイド部材32に設けられた固定子53よりなる可動子と、一方の保持枠38B内に設けられた固定子59とから位置調整用の駆動装置としてのY軸リニアモータ60が構成されている。リニアエンコーダ61の計測情報は図4の座標計測系84を介して走査制御系86に供給され、走査制御系86は、Y軸リニアモータ60を介して、例えば定期的にレチクルY軸ガイド部材32のY方向の中心位置をY軸ガイド部材支持台37の中心位置に戻す。

【0054】図2に戻り、微動ステージ31の位置計測システムにつき説明する。まず、レチクルY軸干渉計34は、X方向に所定間隔離れた2つのY軸干渉計63YA及び63YBより構成され、Y軸干渉計63YA及び63YBからそれぞれY軸に平行に、微動ステージ31の+Y方向の端部に配置されたコーナキューブ型の移動鏡62YA及び62YBに計測ビームLC1及びLC2が照射されている。計測ビームLC1, LC2の光軸

（計測軸）の中心は、レチクルRに対する露光光の照明領域36の中心（本例では投影光学系PLの光軸AXに合致している）を通過しており、更に計測ビームLC1, LC2の光軸はレチクルRのパターン面とほぼ同じ高さである。Y軸干渉計63YA及び63YBは、それぞれ投影光学系PLの+Y方向の側面に設けられた参照鏡（不図示）を基準として、微動ステージ31の移動鏡62YA及び62YBの位置を例えば10nm～1nm程度の分解能で計測し、これらの計測情報が図4の座標計測系84に供給される。座標計測系84では、それらの計測情報より投影光学系PLを基準として、微動ステージ31（レチクルR）のY方向（走査方向）の位置RY、及びZ軸の回りの回転角（ヨーイング量）RθZを算出する。

【0055】次に、微動ステージ31の+X方向の端部に断面形状がほぼ正方形でY方向に沿ってロッド状の移動鏡64が配置され、この移動鏡64のX方向及びZ方向の位置を計測するためのレチクルX-Z軸干渉計35が配置されている。図3（A）は図2（A）の要部を示す平面図、図3（B）は図3（A）を-Y方向に見る一部を切り欠いた側面図であり、図3（A）、（B）において、レチクルX-Z軸干渉計35は、投影光学系PLと一体的に支持されている照明系支持台13上に配置されて4個の反射面（又は部分反射面）67a～67dを持つ光学系ブロック67と、この光学系ブロック67に対して不図示のフレームを介して移動鏡64の上方に保持された直角プリズム型の反射鏡69と、照明系支持台13に対して不図示のフレームを介して保持された直角プリズム型の反射鏡68とを備えている。この場合、光学系ブロック67は、レチクルステージ支持台7に設けられた開口7aに挿通されており、反射鏡68はほぼ開口7a内に保持され、反射鏡68の底面側の投影光学系PLの+X方向の側面にX軸の参照鏡65Xが固定され



ている。また、照明系支持台13上の光学系ブロック67の近くに、レーザ光源及び複数（一例として4個）の光電検出器を含むX-Z軸検出部66が配置されている。レチクルX-Z軸干渉計35及びX-Z軸検出部66が、本発明の間隔計測用の干渉計に対応している。

【0056】本例において、X-Z軸検出部66からは一例として4軸のレーザビームがX軸に平行に射出され、射出された4軸のレーザビームは、第1の反射面67aで+Z方向に折り曲げられた後、第1のレーザビームは第2の部分反射面67bで計測ビームLB1（透過ビーム）と参照ビームLR1（反射ビーム）とに分割される。その計測ビームLB1は、+Z方向に第3の部分反射面67cを透過した後、第4の反射面67dで-X方向に反射されて移動鏡64の+X方向の反射面（ほぼX軸に垂直である）にほぼ垂直に入射する。移動鏡64で反射された計測ビームLB1は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射面67d～67aを経てX-Z軸検出部66中の第1の光電検出器66X（図4参照）に入射する。また、その参照ビームLR1は、部分反射面67bから-X方向に反射されて参照鏡65Xの+X方向の反射面（ほぼX軸に垂直である）にほぼ垂直に入射し、参照鏡65Xで反射された参照ビームLR1は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射面67b、67aを経て計測ビームLB1と合成される。従って、その第1の光電検出器66Xの計測情報から、投影光学系PLの参照鏡65Xを基準として微動ステージ31の移動鏡64のX方向（非走査方向）の位置を例えば10nm～1nm程度の分解能で計測することができる。

【0057】一方、X-Z軸検出部66から射出された4軸のレーザビームの内第2の部分反射面67bを透過した第2～第4のレーザビームは、第3の部分反射面67cで-X方向に反射された後、反射鏡68の第1面（ビームスプリッタ面）68aで+Z方向に向かう3軸の計測ビームLB2～LB4（反射ビーム）と、-X方向にそのまま進む3軸の参照ビームLR2～LR4（透過ビーム）とに分割される。その3軸の計測ビームLB2～LB4は、+Z方向に進行して反射鏡69で180°反射されて移動鏡64の上面の反射面（ほぼZ軸に垂直である）にほぼ垂直に入射する。図3（A）に示すように、3軸の計測ビームLB2～LB4は、3点が同一直線上には来ない位置関係で、即ち本例ではほぼ2等辺三角形の頂点となる位置関係で移動鏡64に入射する。微動ステージ支持台9には、計測ビームLB2～LB4を通すための切り欠き部9aが設けられている。移動鏡64で反射された計測ビームLB2～LB4は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射鏡69、反射鏡68の第1面68a、及び反射面67c～67aを経てX-Z軸検出部66中の第2～第4の光電検出器66Z（図4参照）に入射する。

【0058】また、その3軸の参照ビームLR2～LR

4は、反射鏡68の第1面68aを透過して第2面（反射面）68bで-Z方向に反射されて参照鏡65Xの上面の反射面（ほぼZ軸に垂直である）にほぼ垂直に入射する。参照ビームLR2～LR4の位置関係は、図3

（A）の計測ビームLB2～LB4の位置関係と同様である。参照鏡65Xで反射された参照ビームLR2～LR4は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射鏡68の第2面68b及び第1面68aを経てそれぞれ計測ビームLB2～LB4と合成される。従って、その第2～第4の光電検出器66Zの計測情報から、参照鏡65Xを基準として微動ステージ31の移動鏡64のZ方向の位置（又は光軸AX方向の間隔の変動量）を3点でそれぞれ例えば10nm～1nm程度の分解能で計測することができる。

【0059】このように本例のレチクルX-Z軸干渉計35は、移動鏡64の2つの直交する反射面、及び参照鏡65Xの2つの直交する反射面を検出対象とすることによって、極めてコンパクトな構成で投影光学系PLを基準として微動ステージ31（レチクルR）のX方向の位置、及び3点でのZ方向の位置を計測できる。X-Z軸検出部66内の4個の光電検出器66X、66Zの計測情報は図4の座標計測系84に供給されている。

【0060】図4において、座標計測系84は、X軸の光電検出器66Xの計測情報から投影光学系PLを基準として移動鏡64、ひいてはレチクルRを保持する微動ステージ31のX方向の位置RXを求め、3個のZ軸の光電検出器66Zの計測情報から投影光学系PLを基準とした移動鏡64、ひいては微動ステージ31のZ方向の位置（即ち、投影光学系PLと微動ステージ31との間隔の変動量）RZ、並びに光軸AXに垂直な平面に対する微動ステージ31のX軸の回りの回転角（ピッチング量）RθX及びY軸の回りの回転角（ローリング量）RθYを算出する。座標計測系84は、微動ステージ31のX方向、Y方向の位置RX、RY、及びZ軸の回りの回転角RθZの情報を走査制御系86及び主制御系81に供給すると共に、微動ステージ31のX方向、Y方向の位置RX、RY、Z方向の位置RZ、及びX軸、Y軸の回りの回転角RθX、RθYの情報をレベリング制御系85に供給する。図4において、座標計測系84、レベリング制御系85、及び走査制御系86よりレチクルステージ系RSTを駆動するレチクルステージ駆動系82が構成されている。

【0061】次に、本例の投影露光装置で走査露光を行う場合の動作の一例につき説明する。この際に予めレチクルRのアライメントが行われており、図4における微動ステージ支持台9と微動ステージ31（レチクルR）とのX方向、Y方向、及びZ軸の回りの回転方向の位置関係は、主制御系81が認識している。更に、例えばテストプリント等によって、レチクルRのパターンの投影像が最良の状態でウエハ上に投影されるとき図3のレ



チクルX-Z軸干渉計35及びX-Z軸検出部66によって計測される微動ステージ31（レチクルR）のZ方向の位置RZの値（以下、「目標値RZ1」と言う。）、及びX軸、Y軸の回りの回転角RθX、RθYの値（以下、「目標値RθX1、RθY1」と言う。）が決定されて、主制御系81内の記憶部に記憶されている。主制御系81は、その目標値RZ1、RθX1、RθY1の情報をレベリング制御系85に供給する。

【0062】また、微動ステージ31のX方向及びY方向の位置の計測値RX、RYに対する微動ステージ31の重心Gの位置のオフセットΔRXG、ΔRYGが予め求められて、主制御系81内の記憶部に記憶されている。更に、微動ステージ31のX方向、Y方向の重心位置GX、GYと、微動ステージ支持台9を支持する3個の能動型防振台8A～8Cのそれぞれにかかる負荷の分布との関係（以下、「重心と負荷分布との関係F（GX、GY）」と言う。）は、計算により又は実験的に求められて、主制御系81内の記憶部に記憶されている。主制御系81は、露光前にそのオフセットΔRXG、ΔRYG及び重心と負荷分布との関係F（GX、GY）の情報をレベリング制御系85に供給する。

【0063】次に、図1のアライメントセンサ46Aを用いて第1のウエハステージ43A上のウエハW1のアライメントを行う。その後、図4の主制御系81は、ウエハステージ駆動系83を介して図1のウエハステージ43Aを走査開始位置に移動すると並行して、レチクルステージ駆動系82内の走査制御系86を介して粗動ステージ33を駆動することによって、レチクルステージ系RST内の微動ステージ31を走査開始位置（微動ステージ支持台9の+Y方向又は-Y方向の端部）に移動する。この状態から、主制御系81の制御の下で、微動ステージ31とウエハステージ43Aとが投影光学系PLの投影倍率を速度比として同期して走査され、露光光ILの照明領域36への照射が開始されて、レチクルRのパターンの像が図1のウエハW1上の1番目のショット領域に走査露光方式で逐次転写される。

【0064】この場合、レチクルステージ系RSTの粗動ステージ33は、一定の走査速度で+Y方向又は-Y方向に微動ステージ31を駆動する。そして、走査露光中に残存するウエハW1とレチクルRとの同期誤差を相殺するように、レチクル干渉計（35、63YA、63YB）で検出される微動ステージ31の位置情報のうち、X方向、Y方向の位置RX、RY、及びZ軸回りの回転角（ヨーイング量）RθZと、ウエハ干渉計（45A、45Bなど）で検出されるウエハステージの位置情報（少なくともX方向及びY方向の位置とヨーイング量とを含む）とに基づき、X軸及びY軸のアクチュエータ58X、58YA、58YBによって、粗動ステージ33に対して微動ステージ31（レチクルR）がX方向、Y方向、及びZ軸の回りの回転方向に微小量駆動され

る。この際に、微動ステージ31は小型で軽量化できるため、同期誤差を高い応答速度で高精度に補正することができ、高い露光精度が得られる。また、本例では図1に示すように、レチクルRを移動する微動ステージ31と投影光学系PLとウエハW1、W2を移動するウエハステージ43A、43Bとが、能動型防振台8（8A～8C）及び能動型防振台10を介して互いに独立に支持されているため、微動ステージ31及びウエハステージ43A、43Bを駆動する際に生じる振動が投影光学系PLなどに悪影響を及ぼすことがなく、更に高い露光精度が得られる。

【0065】なお、本例では微動ステージ31を微動して前述の同期誤差を相殺するものとしたが、微動ステージ31の代わりに、あるいはそれと組み合わせて、ウエハステージの試料台をX方向、Y方向、及びZ軸回りの回転方向の3自由度で微動して同期誤差を相殺してもよい。また、図4のレベリング制御系85では、座標計測系84から供給される微動ステージ31のX方向、Y方向の位置RX、RY、Z方向の位置RZ、及びX軸、Y軸の回りの回転角RθX、RθYの情報に基づいて、微動ステージ31のZ方向の位置RZ、及びX軸、Y軸の回りの回転角RθX、RθYがそれぞれ上記の目標値RZ1、及びRθX1、RθY1に合致するように微動ステージ支持台9を支持する3個の能動型防振台8A～8C中の電磁式ダンパのZ方向の推力を制御する。このためにレベリング制御系85は、所定期間で微動ステージ31の位置RX、RY及び上記のオフセットΔRXG、ΔRYGから微動ステージ31の重心Gの位置GX、GYを次式から求める。

$$\text{【0066】 } GX = RX + \Delta RXG \quad \dots (1A)$$

$$GY = RY + \Delta RYG \quad \dots (1B)$$

更にレベリング制御系85は、主制御系81から供給されている上記の重心と負荷分布との関係F（GX、GY）に重心Gの位置GX、GYを適用することによって、3個の能動型防振台8A～8Cのそれぞれにかかる負荷を算出し、これらの負荷に応じて能動型防振台8A～8Cの高さが一定になるように、能動型防振台8A～8C中の電磁式ダンパの推力を制御する。これは微動ステージ31の走査方向の位置に応じて能動型防振台8A～8C中の電磁式ダンパの推力をフィードフォワード方式で制御することを意味する。そして、この制御によっても残存している微動ステージ31の位置RZ、及び回転角RθX、RθYの目標値RZ1、及びRθX1、RθY1に対する誤差を補正するように更に能動型防振台8A～8C中の電磁式ダンパの推力を制御する。これによって、微動ステージ支持台9を能動型防振台8A～8Cを介して支持した状態で、走査露光中に微動ステージ31の走査方向の位置が大きく変化しても、高い応答速度で投影光学系PLとレチクルRとの間隔、及びレチクルRのX軸、Y軸の回りの回転角を最良の結像特性が得

られる状態に維持することができる。これは、微動ステージ31の移動に伴う偏荷重による、微動ステージ31（レチクルR）と投影光学系PLとの位置関係の変動を抑制することを意味している。

【0067】この動作と並行して、図1のウエハステージ系WST側では、オートフォーカスセンサ（47A、47B）の計測情報に基づいてウエハW1の表面が投影光学系PLの像面に合焦されるようにウエハステージ43A内の試料台が駆動される。これによってウエハW1のショット領域にはレチクルRのパターンの像が最良の状態で転写される。

【0068】ウエハステージ43Aのステップ移動、及び以上の動作を繰り返すことによってウエハW1の全部のショット領域への走査露光が行われる。その後、第2のウエハステージ43B上のウエハW2へも同様に走査露光が行われる。また、本例のような縮小投影方式では、投影倍率の逆数の比率でウエハステージ43A、43Bよりもレチクル用の微動ステージ31がより高速に走査される。従って、ウエハ上の各ショット領域への露光時間を決定するのは微動ステージ31の走査速度である。これに関して本例では、レチクルステージ系RSTの粗動ステージ33は微動ステージ支持台9には接触することがなく、微動ステージ支持台9上を移動するのは小型軽量の微動ステージ31のみである。従って、微動ステージ支持台9上では振動の発生を抑制した状態で、微動ステージ31を高速に移動することができるため、各ショット領域への露光時間を短縮して、露光工程のスループットを高めることができる。

【0069】なお、上記の実施の形態では、図1において、レチクルステージ系RSTの粗動ステージ33及びレチクルY軸ガイド部材32は、レチクルステージ支持台7上に支持されているが、粗動ステージ33及びレチクルY軸ガイド部材32をフレームキャスタ2上に設置される別のコラムによって支持するようにしてもよい。

【0070】次に、上記の実施の形態のレチクルX-Z軸干渉計35の別の実施の形態につき図5を参照して説明する。図5において、図3に対応する部分には同一又は類似の符号を付してその詳細説明を省略する。図5

(A)は本例の要部を示す平面図、図5(B)は図5(A)を-Y方向に見た一部を切り欠いた側面図であり、図5(A)、(B)において、微動ステージ31の+X方向の側面に取り付けられた移動鏡64Aは、断面形状がほぼ正方形であり、+X方向の側面と底面とが鏡面に仕上げられている。本例のレチクルX-Z軸干渉計35Aは、照明系支持台13上に配置されて3個の反射面（又は部分反射面）70a~70cを持つ光学系ブロック70と、この光学系ブロック70に固定されて2個の反射面（又はビームスプリッタ面）71a、71bを持つ光学系ブロック71と、この光学系ブロック71に固定された直角プリズム型の2個の反射鏡72、73と

を備えている。この場合、光学系ブロック70、71は、レチクルステージ支持台7の開口7aに挿通されており、反射鏡73はほぼ開口7a内に保持され、反射鏡72は、投影光学系PLの側面のX軸の参照鏡65Xの底面側に固定されている。また、光学系ブロック70の近くに、レーザ光源及び4個の光電検出器を含むX-Z軸検出部66Aが配置されている。

【0071】本例において、X-Z軸検出部66Aから射出された4軸のレーザビームの中で、第1のレーザビームは第1の反射面70aで+Z方向に折り曲げられた後、第2の部分反射面70bで計測ビームLB1（透過ビーム）と参照ビームLR1（反射ビーム）とに分割される。その計測ビームLB1は、第3の反射面70cで-X方向に反射されて移動鏡64Aの+X方向の反射面にほぼ垂直に入射する。移動鏡64Aで反射された計測ビームLB1は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射面70c~70aを経てX-Z軸検出部66A中の第1の光電検出器に入射する。また、参照ビームLR1は、反射面70bから-X方向に反射されて参照鏡65Xの+X方向の反射面にほぼ垂直に入射し、参照鏡65Xで反射された参照ビームLR1は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射面70b、70aを経て計測ビームLB1と合成される。従って、その第1の光電検出器の計測情報から、投影光学系PLの参照鏡65Xを基準として微動ステージ31の移動鏡64AのX方向（非走査方向）の位置を計測することができる。

【0072】一方、X-Z軸検出部66Aから射出された4軸のレーザビームの中で第1の部分反射面70aを透過した第2~第4のレーザビームは、ビームスプリッタ面71aで+Z方向に向かう3軸の計測ビームLB2~LB4（反射ビーム）と、-X方向にそのまま進む3軸の参照ビームLR2~LR4（透過ビーム）とに分割される。その3軸の計測ビームLB2~LB4は、反射面71bで-X方向に反射されて反射鏡73で+Z方向に反射されて移動鏡64Aの底面の反射面（ほぼZ軸に垂直である）にほぼ垂直に入射する。図5(A)に示すように、3軸の計測ビームLB2~LB4は、3点が同一直線上には来ない位置関係で移動鏡64Aに入射する。微動ステージ支持台9には、計測ビームLB2~LB4を通すための切り欠き部9bが設けられている。移動鏡64Aで反射された計測ビームLB2~LB4は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射鏡73、反射面71b、71a、70aを経てX-Z軸検出部66A中の第2~第4の光電検出器に入射する。

【0073】また、そのビームスプリッタ面71aを透過した3軸の参照ビームLR2~LR4は、反射鏡72で+Z方向に反射されて参照鏡65Xの底面の反射面（ほぼZ軸に垂直である）にほぼ垂直に入射する。参照ビームLR2~LR4の位置関係は、図5(A)の計測ビームLB2~LB4の位置関係と同様である。参照鏡

6 5 Xで反射された参照ビームLR 2～LR 4は、入射時とほぼ逆の光路をたどって反射鏡7 2、及びビームスプリッタ面7 1 aを経てそれぞれ計測ビームLB 2～LB 4と合成される。従って、その第2～第4の光電検出器の計測情報から、参照鏡6 5 Xを基準として微動ステージ3 1の移動鏡6 4のZ方向の位置（又は光軸AX方向の間隔の変動量）を3点で計測することができる。

【0074】このように本例のレチクルX-Z軸干渉計3 5 Aは、移動鏡6 4 Aの底面を検出対象とすることによって、レチクルRの上方には反射鏡等を配置することなく、即ちレチクルステージ系側の構成を簡素化しながら、投影光学系PLを基準として微動ステージ3 1（レチクルR）のX方向の位置、及び3点でのZ方向の位置を計測できる。

【0075】なお、上記実施形態では能動型防振台8 A～8 C（電磁式ダンパの推力）の制御によってレチクルRと投影光学系PLとの間隔及び回転角を所定状態に維持するものとしたが、能動型防振台8 A～8 Cの代わりに、あるいはこれと組み合わせて、投影光学系PLの像面とウエハWとを相対移動する調整装置を用いて、投影光学系PLによってウエハ上に投影されるレチクルRのパターン像を最良に維持してもよい。具体的には、レチクル干渉計（3 5、6 3 YA、6 3 YB）で検出される微動ステージ3 1の位置情報のうち、Z方向の位置RZ、X軸及びY軸回りの回転角 $R\theta X$ 、 $R\theta Y$ と、オートフォーカスセンサ（4 7 A、4 7 B）の計測情報とに基づき、レチクルRと投影光学系PLとの相対位置関係（間隔及び回転）の変化に起因して生じるウエハW1、W2上でのレチクルパターンの結像状態の変動を補正する、即ちウエハ上での露光光ILの照射領域（パターン像の投影領域）内で投影光学系PLの像面とウエハの表面とがほぼ合致する（換言すれば、投影光学系PLの実効的な焦点深度内にウエハの表面が設定される）ように、例えばウエハステージ4 3 A、4 3 Bの試料台を駆動すればよい。その調整装置は、レチクルR、ウエハ、及び投影光学系PLの像面の少なくとも1つでそのZ方向の位置とX軸及びY軸回りの傾斜角とを調整可能であればよい。

【0076】ここで、レチクルRを駆動するときは、粗動ステージ3 3に対して微動ステージ3 1を、X方向、Y方向、及びZ軸回りの回転方向の3自由度に加えて、Z方向、X軸及びY軸回りの回転方向の3自由度で微動可能に構成してもよいし、あるいは微動ステージ3 1に対してレチクルRをZ方向、X軸及びY軸回りの回転方向の3自由度で微動可能に構成してもよい。さらに、例えば投影光学系PLの少なくとも1つの光学素子を移動することで、投影光学系PLの結像特性（収差など）を調整してその像面の移動（傾斜を含む）を行うようにしてもよい。

【0077】また、上記実施形態ではレチクルステージ

（微動ステージ3 1）のヨーイング量をY軸干渉計6 3 YA、6 3 YBで検出するものとしたが、X-Z干渉計3 5にて第1のレーザビームと平行かつY方向に所定間隔だけ離れた1軸のレーザビームを加えてヨーイング量を計測可能としてもよい。この場合、微動ステージ3 1に設けるコーナーキューブ型の移動鏡、及びY軸干渉計はそれぞれ1つずつで構わない。さらに、上記実施形態ではY軸干渉計6 3 YA、6 3 YBの各レーザビームが照射される微動ステージ3 1の移動鏡6 2 YA、6 2 YBをコーナーキューブ型としたが、反射面が平面となる移動鏡を用いてもよいし、あるいは微動ステージ3 1の端面（側面）を鏡面加工して反射面としてもよい。このとき、Y軸干渉計6 3 YA、6 3 YBのレーザビームの間隔よりも長くX方向に延びる単一の反射面を形成するだけでもよい。

【0078】さらに、上記実施形態ではX-Z干渉計3 5の各レーザビームを反射する移動鏡6 4を、微動ステージ3 1とは別体としてその側面と上面（又は下面）との2面を反射面としたが、微動ステージ3 1のY方向に延びる端面（側面）と上面（又は下面）とをそれぞれ鏡面加工して反射面とする一体型としてもよい。また、上記実施形態ではX-Z干渉計3 5にて微動ステージ3 1のZ方向の位置RZとX軸及びY軸回りの回転角 $R\theta X$ 、 $R\theta Y$ を計測するものとしたが、例えばY軸干渉計6 3 YA、6 3 YBの一方でそのレーザビームと平行かつZ方向に所定間隔だけ離れた1軸のレーザビームを加えてX軸回りの回転角（ピッチング量） $R\theta X$ を計測可能とし、X-Z干渉計3 5では微動ステージ3 1のZ方向の位置を2点のみで計測して、Z方向の位置RZとY軸回りの回転角 $R\theta Y$ とを得るだけでもよい。

【0079】また、上記実施形態ではウエハステージが配置されるウエハベース4 2を吊り下げ部4 1で本体ベース5に固定するものとしたが、ウエハベース4 2を本体ベース5から分離して配置してもよい。例えば、本体ベース5が載置される能動型防振台4とは別の能動型防振台をフレームキャスタ2上に設置し、この別の能動型防振台でウエハベース4 2を載置してもよく、この構成では能動型防振台10を設けなくてもよい。また、上記実施形態では2組のアライメントセンサ4 6 A、4 6 Bを設けるものとしたが、ウエハ上のマークを検出するアライメントセンサを1組のみとし、この1組のアライメントセンサと投影光学系PLとの間で2つのウエハステージを交互に入れ替えるように構成してもよい。要は、本発明の露光装置は図1の構成に限られるものではなく任意で構わない。

【0080】なお、上記の実施の形態の投影露光装置は、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み光学調整をして、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合

調整（電気調整、動作確認等）をすることにより製造することができる。なお、その露光装置の製造は温度及びクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0081】更に、上記の実施の形態の投影露光装置を用いてウエハ上に半導体デバイスを製造する場合、この半導体デバイスは、デバイスの機能・性能設計を行うステップ、このステップに基づいたレチクルを製造するステップ、シリコン材料からウエハを制作するステップ、上記の実施の形態の投影露光装置によりアライメントを行ってレチクルのパターンをウエハに露光するステップ、デバイス組み立てステップ（ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む）、検査ステップ等を経て製造される。

【0082】なお、本発明の露光装置の用途としては半導体デバイス製造用の露光装置に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD等）、マイクロマシン、薄膜磁気ヘッド、又はDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトリソマスク、レチクル等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

【0083】また、本発明は、ステップ・アンド・スキャン方式のような走査露光方式の投影露光装置のみならず、ステップ・アンド・リピート方式（一括露光方式）の投影露光装置にも適用することができる。また、投影光学系PLは屈折系、反射屈折系、及び反射系のいずれでもよいし、縮小系、等倍系、及び拡大系のいずれでもよい。さらに、露光ビームは真空紫外光に限られるものではなく、紫外光又は遠紫外光などでもよいし、EUV光、X線、あるいは電子線やイオンビームなどの荷電粒子線などでもよい。

【0084】これらの場合、ウエハステージ系やレチクルステージ系の可動ステージ（微動ステージ31）は、エアベアリングを用いたエア浮上型、又は磁気浮上型等の何れ的方式で保持してもよい。また、可動ステージは、上記の実施の形態のようにガイドを設けないガイドレスタイプであってもよいし、ガイドに沿って移動するタイプでもよい。

【0085】また、ウエハステージ、又はレチクルステージのステップ移動時や走査露光時等の加減速時に発生する反力は、それぞれ例えば米国特許(USP)第5,528,118号、又は米国特許(USP)第6,020,710号（特開平8-33022号公報）に開示されているように、フレーム部材を用いて機械的に床（大地）に逃がしてもよい。このように本発明は上述の実施の形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の構成を取り得る。

#### 【0086】

【発明の効果】本発明によれば、第1物体（マスク）を保持するステージを投影系とは独立に支持しているため、マスクを保持するステージ系と投影光学系との間で振動が伝わりにくい利点がある。更に、そのステージとその投影系との位置関係を計測し、この計測情報に基づいて第2物体（基板）の露光中にそのステージとその投影系との間隔及び傾斜角の少なくとも一つを制御するか、又はその投影系と第2物体（基板）との位置関係を制御することによって、マスクと投影系とを互いに独立に支持することと、投影系の像面と第2物体の露光面との位置関係を所定の状態に維持することとを両立することができる、高い露光精度が得られる。

【0087】また、ステージの移動に伴う偏荷重による位置関係の変動を抑制することによって、本発明を走査露光型の露光装置に適用して、マスクを保持して移動する可動部の位置が変化した場合にも、投影系の像面と基板の露光面との位置関係を所定の状態に維持することができ、高い露光精度が得られる。また、本発明のデバイスの製造方法によれば、重ね合わせ精度、又はパターン忠実度等に優れた高機能のデバイスを量産できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態の一例の投影露光装置を示す一部を切り欠いた構成図である。

【図2】 (A)は図1のレチクルステージ系を示す平面図、(B)は図2(A)の一部を切り欠いた正面図である。

【図3】 (A)は図2(A)のレチクルステージ系の要部を示す平面図、(B)は図3(A)を-Y方向に見た一部を切り欠いた側面図である。

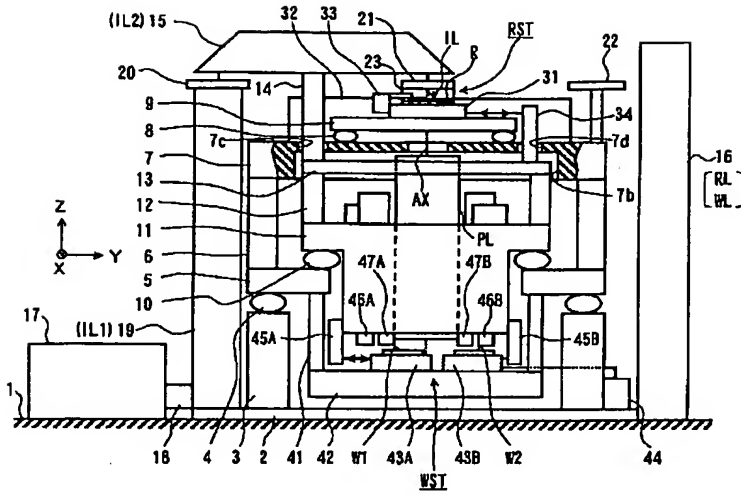
【図4】 その実施の形態のレチクルステージ系の制御系を示す図である。

【図5】 (A)は本発明の実施の形態の他の例のレチクルステージ系の要部を示す平面図、(B)は図5(A)を-Y方向に見た一部を切り欠いた側面図である。

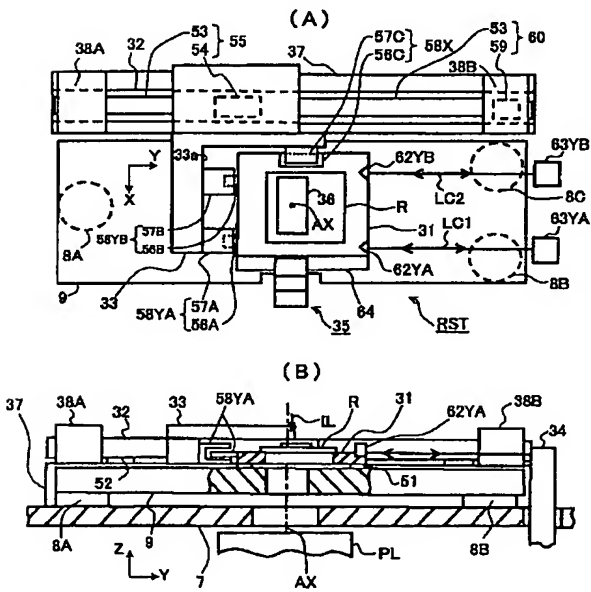
#### 【符号の説明】

RST…レチクルステージ系、R…レチクル、PL…投影光学系、WST…ウエハステージ系、W1、W2…ウエハ、4…能動型防振台、7…レチクルステージ支持台、8(8A~8C)…能動型防振台、9…微動ステージ支持台、10…能動型防振台、11…投影系保持部、13…照明系支持台、31…微動ステージ、32…レチクルY軸ガイド部材、33…粗動ステージ、35、35A…レチクルX-Z軸干渉計、37…Y軸ガイド部材支持台、55…Y軸リニアモータ、58X…X軸アクチュエータ、58YA、58YB…Y軸アクチュエータ、64、64A…移動鏡、65X…参照鏡、66、66A…X-Z軸検出部

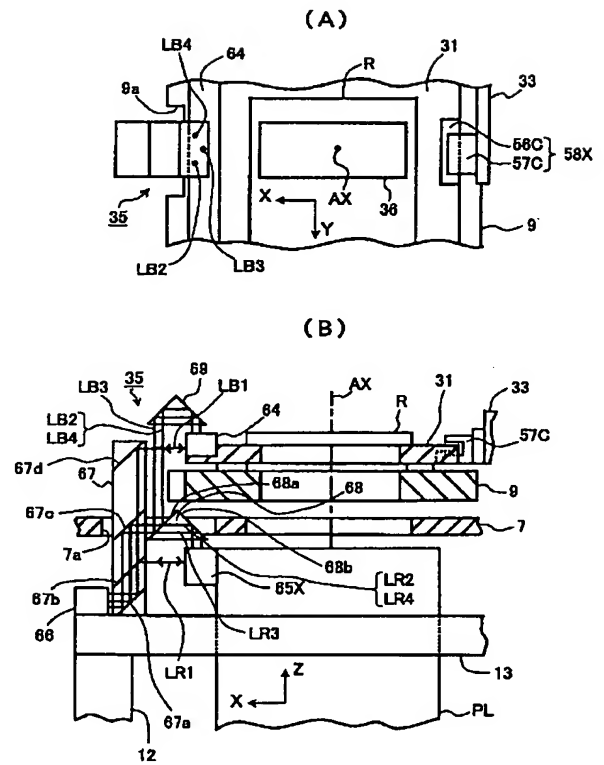
【図 1】



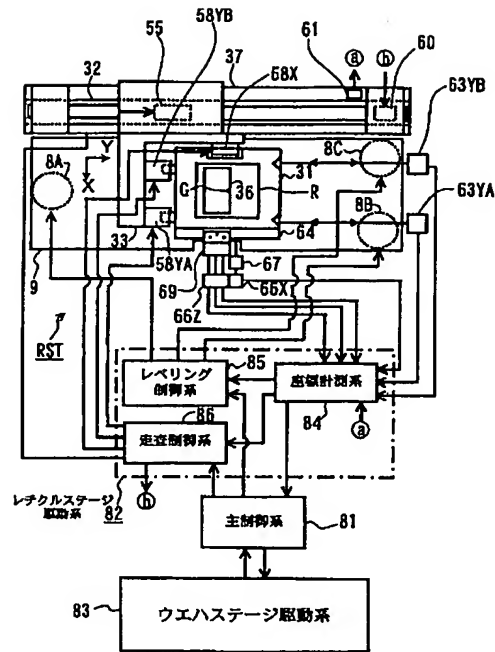
【図 2】



【図 3】



【図 4】



【図 5】

